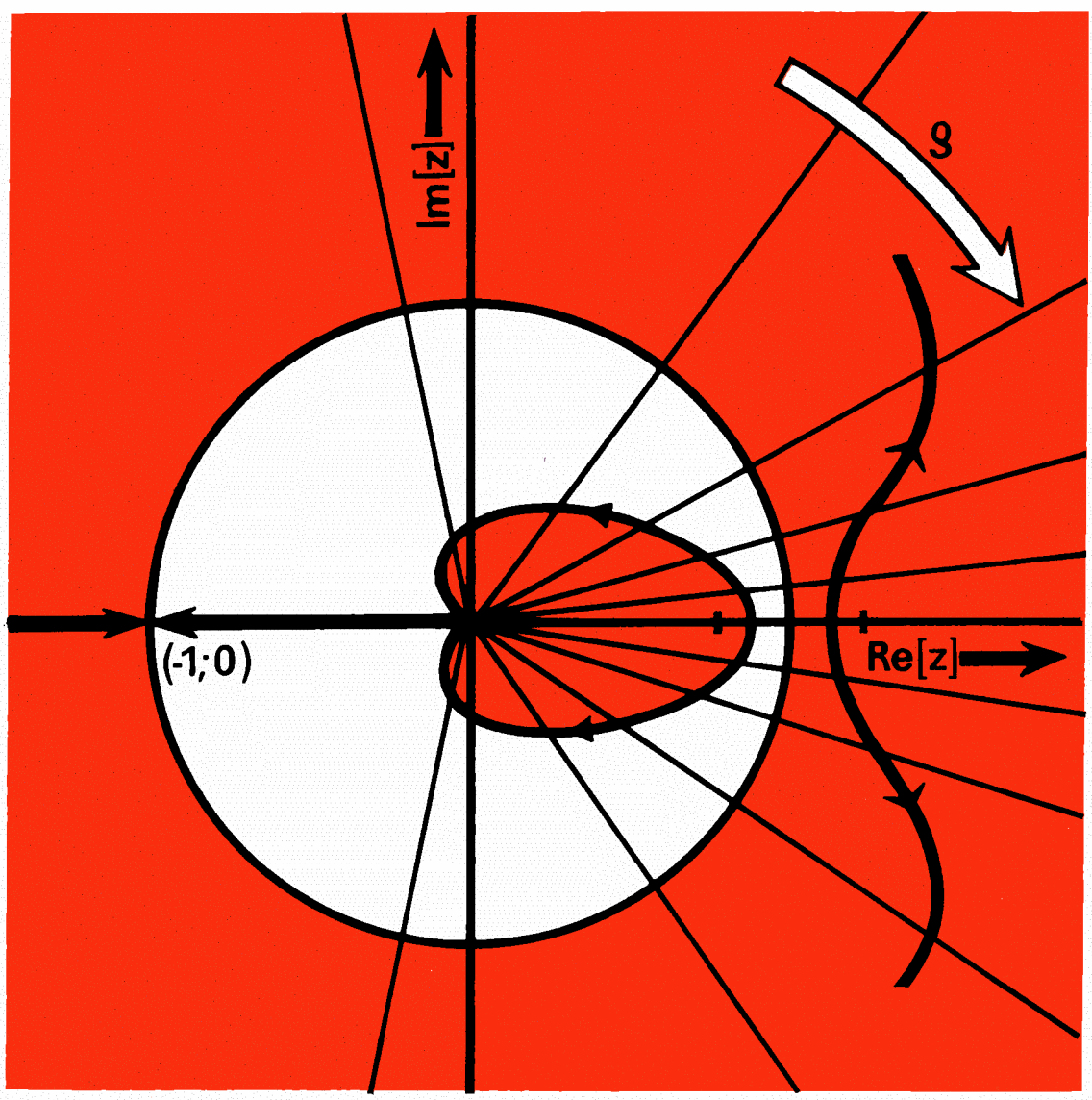
mst

1
1988

messen·steuern·regeln



VEB
Verlag Technik
Berlin
EVP: 4,- M

LEIPZIGER MESSE

Deutsche Demokratische Republik

13.–19. 3. 1988

Der Welthandelsplatz Leipzig bietet Ihnen an einem Ort und in nur sieben Tagen

- Verhandlungen mit der leistungsstarken DDR-Industrie
- Geschäfte und Kontakte mit Kunden aus aller Welt
- Informationen und hochproduktives Know-how in Ihrem Industriezweig.

Im Blickpunkt 1988:

„Integrierte Meß-, Prüf- und Regeltechnik — Weg zur Leistungssteigerung"

Für weltoffenen Handel und technischen Fortschritt!

Messeausweise und Informationen erhalten Sie:

— für Besucher aus dem Ausland
durch die Vertretungen der Leipziger Messen und Ausgabestellen in 90 Ländern

— für Besucher aus der DDR
bei den Zweigstellen des Reisebüros, Postämtern und Informationszentren

Neuerscheinung

TECHNIK-WÖRTERBUCH

Optische Kommunikationstechnik
Englisch-Deutsch-Französisch-Russisch

Herausgegeben von Dr.-Ing. Jens Peter Rehahn und Dipl.-Ing. Natalja Schäfer. 156 Seiten, Kunstleder, DDR 18,— M, Ausland 37,— DM. Bestellangaben: 5537709/Rehahn, Wb. Kommunikation

Dieses neue TECHNIK-WÖRTERBUCH enthält in jeder der vier Sprachen etwa 4000 fachspezifische Wortstellen aus folgenden Gebieten:

Grundlagen der optischen Kommunikationstechnik
- Geometrische und Wellenoptik
- Ausbreitung
- Halbleiterelektronik

Optische Informationsübertragung
- Freiraum-Übertragung
- Lichtwellenleiter-Übertragung

Komponenten
- Optoelektronische Bauelemente (optische Quellen und Detektoren)
- Lichtwellenleiter und -kabel
- Steckverbinder
- Passive LWL-Bauelemente (Verzweiger, Zirkulatoren u. a.)
- Integrierte Optik
- LWL-Meßtechnik

Herstellung
- Halbleitertechnologie optoelektronischer Bauelemente
- Herstellung von LWL und LWL-Kabeln

Systeme
- LWL-Nachrichtensysteme einschließlich Gerätetechnik
- Analoge und digitale Übertragung (PCM)
- Industrielle und andere Anwendungen
- Örtliche Netze (LAN)

Optische Informationsgewinnung und -verarbeitung
- Optische Sensoren
- Holografie
- Optische Logik

Auslieferung in diesen Tagen
durch den Fachbuchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Dank der sich entwickelnden Mikrorechentechnik werden komplexere digitale Regelalgorithmen für die Automatisierungstechnik attraktiv. Dazu zählen u. a. auch selbsteinstellende LQG-Regelungen. Anhand optimaler Wurzelortskurvenverläufe, wie sie unser Titelbild zeigt, lassen sich die zugehörigen Probleme verdeutlichen.
Ausführlich wird diese Thematik in unserem Beitrag auf S. 2 dargestellt.

Titelgrafik: *G. Schwesinger*

Herausgeber:

Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT

Redaktionsbeirat:

Dr. rer. nat. A. Borgwardt, Prof. Dr. sc. techn. G. Brack, Dipl.-Ing. H.-H. Ehlert, Prof. Dr. sc. techn. W. Fritzsch, Prof. Dr. sc. techn. H. Fuchs, Dr. rer. nat. H. Gena, Dipl.-Ing. H. Gottschalk, Dr.-Ing. K. Hilscher, Prof. Dr.-Ing. habil. D. Hofmann, Dipl.-Ing. K. Keller, Dr.-Ing. G. Meister, Dr.-Ing. J. Müller, Prof. Dr. sc. techn. R. Müller, Prof. Dr. sc. techn. P. Neumann, Prof. Dr.-Ing. S. Pilz, Prof. Dr. sc. techn. K. Reinisch, Prof. Dr. sc. techn. W. Richter, Dr.-Ing. H. Schulze, Prof. Dr. sc. techn. H. Töpfer, Prof. Dr. sc. oec. G. Viehweger, Prof. Dr. sc. techn. J. Wernstedt

1

31. Jahrgang
Januar 1988

VEB
VERLAG TECHNIK

AUFSÄTZE ISSN 0026-0347

2 *M. Halwaß*
Selbsteinstellende LQG-Regelung (Teil 1)

7 *M. Arndt, O. Fiedler* und *H.-J. Lippe*
CCD-Miniaturgasthermometer zur Messung innerer Temperaturen bewegter Objekte

11 *G.-H. Geitner* und *H. Krug*
Dynamische Störoptimierung elektrischer DDC-Antriebe

17 *G. Viehweger*
Effektivität der Automatisierung von Produktionsanlagen

21 **JAHRESINHALTSVERZEICHNIS 1987**

29 *D. Balzer, B. Böhme* und *W. Haselbauer*
Mensch-Maschine-Kommunikation bei der Prozeßsteuerung

33 *H. Lippold* und *B. Witting*
Elektronische Einrichtungen in eichpflichtigen Volumenmeßeinrichtungen

36 **KURZBEITRÄGE**

41 **AUS DER ARBEIT DER WGMA**

41 **LESERZUSCHRIFTEN**

42 **BUCHBESPRECHUNGEN**

48 **NEUE BÜCHER AUS DER UDSSR**

3. US. **VORSCHAU UND KURZINFORMATIONEN**

M. Halwaß

Selbsteinstellende LQG-Regelung (Teil 1)

0. Einleitung

Der Entwurf eines Reglers erfordert i. allg. Kenntnisse über das dynamische Verhalten des zu überwachenden Prozesses und seiner Umgebung in Form eines Modells. Doch nicht selten sind nur wenige Parameter bekannt. Ein Ausweg ist, experimentell mit Hilfe eines Identifikationsverfahrens ein Modell für den Prozeß und seine Umgebung zu gewinnen. Eine andere Möglichkeit, die häufig zur Bestimmung der Parameter des PID-Reglers angewendet wird, besteht darin, die Reglerparameter manuell während der laufenden Regelung einzustellen. Für den Einsatz komplexerer Regelalgorithmen kann diese Möglichkeit aber wegen der Vielzahl der einzustellenden Parameter keine Alternative sein. Für diesen Fall bietet sich die selbsteinstellende Regelung (self-tuning control) durch selbständige Systemidentifikation und schrittweise verbessernde Einstellung der Reglerparameter bei nur geringer A-priori-Prozeßkenntnis an.
Mit dem Einsatz von Standardalgorithmen, wie dem selbsteinstellenden Minimalvarianzregler von *Åström* und *Wittenmark* [2] oder verschiedenen Dead-beat- und quasikontinuierlichen PID-Reglern, wurden bereits erste Erfahrungen zur selbsteinstellenden Regelung in der Industrie gewonnen. Doch dürfen diese mit Anwendungsbeschränkungen auf minimalphasige bzw. stabile Prozesse verbundenen Standardalgorithmen nicht als Universallösungen für Regelungsaufgaben betrachtet werden. Der Automatisierungstechniker darf sich nicht mit den durch Einfachheit und geringen Implementierungsaufwand zum Standard gewordenen Algorithmen begnügen. Er muß auch in der Lage sein, für seinen spezifischen Prozeß das beste, nach regelungstechnischen wie auch ökonomischen Gesichtspunkten beurteilte Regelgesetz zu finden.
In diesem Beitrag werden digitale Regelalgorithmen vorgestellt. Der Automatisierungsingenieur sollte sich ermutigt fühlen, im Verein mit den gewachsenen Möglichkeiten der Mikrorechentechnik auch komplexere Algorithmen in der Praxis einzusetzen. Insbesondere werden hier lineare, quadratisch optimale Stellgesetze gezeigt, die, in selbsteinstellenden Regelungen eingesetzt, die Anwendungsbeschränkungen der Standardalgorithmen aufheben und die Eigenschaften der Regelung wesentlich verbessern werden. Im 1. Abschnitt erfolgt die Beschreibung des diskreten Prozeßmodells. Anschließend werden die zum Entwurf eines LQG-Reglers notwendigen Schritte und ihre numerische Realisierung ausführlich dargestellt, wobei das Prozeßmodell zunächst noch als bekannt vorausgesetzt wird. Die numerischen Verfahren zur Lösung des Faktorisierungsproblems und der diophantischen Gleichung werden bereits unter dem Aspekt einer möglichen On-line-Bearbeitung ausgewählt. In welcher Weise das optimale Stellgesetz zur Berücksichtigung von Führungssignalen erweitert werden kann, wird im Abschn. 3. erläutert. Abschn. 4. geht auf LQG-Regler mit I-Anteil ein. Diesem schließt sich die Problematik der selbsteinstellenden LQG-Regelung an. Hier werden die zwei möglichen Varianten, die selbsteinstellende Regelung mit expliziter oder impliziter Prozeßidentifikation [5], bezüglich der LQG-Regelung diskutiert. Der Beitrag endet mit einem Entwurfsbeispiel.

1. Prozeßbeschreibung

Der stochastisch gestörte Prozeß wird durch ein ARMAX-Modell mit der Differenzengleichung

$$A(q^{-1})\, y_k = q^{-d} B(q^{-1})\, u_k + C(q^{-1})\, e_k \tag{1}$$

beschrieben. (1) wird durch lokale Linearisierung gewonnen und gibt die dominierende Dynamik des kontinuierlichen Prozesses und seiner Umgebung einschließlich Halteglied 0. Ordnung und Antialiasing-Filter wieder. A, B und C sind Polynome

$$A(q^{-1}) = 1 + a_1 q^{-1} + \ldots + a_n q^{-n}, \tag{2}$$

$$B(q^{-1}) = b_0 + b_1 q^{-1} + \ldots + b_{n-1} q^{-n+1} \tag{3a}$$

oder

$$B(q^{-1}) = b_0 + b_1 q^{-1} + \ldots + b_n q^{-n} \tag{3b}$$

$$C(q^{-1}) = 1 + c_1 q^{-1} + \ldots + c_n q^{-n} \tag{4}$$

in q^{-1}, dem Verschiebeoperator ($q^{-1} x_k = x_{k-1}$). Es wird vorausgesetzt, daß A, B und C teilerfremd sind und die Koeffizienten der Polynome so normiert wurden, daß A und C monisch sind. Das Polynom $C(q^{-1})$ sei stabil, das heißt, alle Nullstellen von $C(z)$ liegen im Einheitskreis. z ist die komplexe Variable der z-Transformation. Mit Hilfe der modifizierten z-Transformation läßt sich zeigen, daß durch Hinzunahme eines b-Koeffizienten der gebrochene Anteil der Prozeßtotzeit $T_t \bmod h$ ($T_t \mathrel{\hat{=}}$ Prozeßtotzeit, $h \mathrel{\hat{=}}$ Abtastperiode) mit in die z-Übertragungsfunktion eingeht. Die Unterscheidung (3a), (3b) wurde hier außerdem eingeführt, um nicht vernachlässigbare Rechentotzeiten, die sich als Prozeßtotzeit interpretieren lassen, bereits bei der Modellbildung berücksichtigen zu können. Dementsprechend gilt (3a) für $T_t \bmod h = 0$ bzw. (3b) für $T_t \bmod h \neq 0$.
y_k ist der zum Zeitpunkt k gemessene Wert des Prozeßausgangs (Regelgröße). u_k ist der aktuell auf den Prozeßeingang gegebene Wert (Stellgröße). $d \geqq 1$ bezeichnet den Polüberschuß. $\{e_k\}$ ist eine Folge von zufälligen, nichtmeßbaren Variablen, die den Einfluß von Störungen und Meßfehlern repräsentiert. Die zufälligen Variablen genügen dem Normalverteilungsgesetz und verfügen über die Eigenschaften $E\{e_k\} = 0$ und $E\{e_k^2\} = \sigma^2$.

2. Reglerentwurf für ein bekanntes Prozeßmodell

2.1. *Das optimale Stellgesetz*

Das Problem, stochastisch gestörte Systeme optimal zu regeln, läßt sich im Fall quadratischer Funktionale mit Hilfe der LQG-Regelung (linear quadratic gaussian control) lösen. Der Begriff LQG weist auf das Separationsprinzip hin, das besagt, daß das Optimierungsproblem in die beiden Teilaufgaben

(i) optimale Regelung (LQ) für deterministische
(ii) optimale Beobachtung (G) für stochastisch gestörte

Systeme zerlegt werden kann.
Im Beitrag werden insbesondere Stellgesetze betrachtet, die das Funktional

$$J = \lim_{N\to\infty} E\left\{\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} y_k^2(e) + \varrho u_k^2(e)\right\}, \tag{5}$$

d. h. die Varianz der Stell- und Regelgröße, minimieren. Im Zustandsraum läßt sich mit $N \to \infty$ ein solches Stellgesetz für (i) über die stationäre Lösung der Matrix-Riccati-Differenzengleichung finden. Die resultierenden Zustandsrückführungen verleihen dem Gesamtsystem ein besonderes charakteristisches Polynom $P(z)$. In [6] und [13] wurde gezeigt, daß für Systeme mit einem Ein- und einem Ausgang die charakteristischen Pole des geschlossenen Kreises alternativ durch Lösung des Spektralfaktorisierungsproblems

$$rP(z)\, P(z^{-1}) = \varrho A(z)\, A(z^{-1}) + B(z)\, B(z^{-1}) \tag{6}$$

gefunden werden können, d. h. durch Finden des Polynoms $P(z)$ nach (6), dessen Nullstellen die Pole des geschlossenen Kreises sind. Der Faktor ϱ nimmt eine Bewertung der Stellgröße vor und bewirkt eine Verschiebung der charakteristischen Pole entlang der optimalen Wurzelortskurve. $P(z)$ kann durch Berech-

Dipl.-Ing. *Martin Halwaß* (28) studierte von 1978 bis 1983 Automatisierungstechnik an der Sektion Technische Elektronik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock. Seither dort Forschungsstudent am WB Automatische Steuerungen.

nung der Nullstellen des sich nach (6) ergebenden selbstreziproken Polynoms ermittelt werden:

$$0 = \varrho A(z)\, z^m A(z^{-1}) + B(z)\, z^m B(z^{-1}), \tag{7}$$

mit $m = d + n - 1$, falls (3a) oder $m = d + n$, falls (3b) gilt.
Die Nullstellen selbstreziproker Polynome

$$0 = r \prod_{i=1}^{n} (z - z_i) \prod_{i=1}^{n} \left(z - \frac{1}{z_i}\right) \qquad |z_i| < 1$$

kommen immer paarweise vor, so daß das Produkt eines solchen Paares gleich 1 ist. Das charakteristische Polynom

$$P(z) = \prod_{i=1}^{n} (z - z_i) = z^n + p_1 z^{n-1} + \ldots + p_n \tag{8}$$

ist monisch und beinhaltet alle stabilen, d. h. im Einheitskreis befindlichen Nullstellen von (7).
Der optimale Beobachter (ii) läßt sich ebenfalls mit Hilfe der für (1) entsprechenden Zustandsraumbeschreibung finden. Es zeigt sich, daß das Polynom $C(q^{-1})$ gleich dem charakteristischen Polynom des optimalen Beobachters (stationäre Lösung des Kalman-Filters) ist [8]. Das „G" in LQG bedingt nicht die Gaußverteilung der Störungen e_k, aber in jedem Fall ihre Unkorreliertheit.
Benutzt man das lineare Rückführgesetz

$$R(q^{-1})\, u_k = -S(q^{-1})\, y_k \tag{9}$$

für den optimalen Regler, so können die unbekannten Reglerpolynome $R(q^{-1})$ und $S(q^{-1})$ durch Lösung der diophantischen Gleichung

$$A(q^{-1})\, R(q^{-1}) + q^{-d} B(q^{-1})\, S(q^{-1}) = P(q^{-1})\, C(q^{-1}) \tag{10}$$

bestimmt werden, in der die charakteristische Gleichung des geschlossenen Kreises der gewünschten gleichgesetzt wird. (10) hat unendlich viele Lösungen, wenn nicht der Grad von

$$R(q^{-1}) = 1 + r_1 q^{-1} + \ldots + r_{n_r} q^{-n_r}, \tag{11}$$

$$S(q^{-1}) = s_0 + s_1 q^{-1} + \ldots + s_{n_s} q^{-n_s} \tag{12}$$

vorgegeben wird. Das geschlossene System, dargestellt im Bild 1, läßt sich durch

$$\begin{pmatrix} A(q^{-1}) & -q^{-d}B(q^{-1}) \\ S(q^{-1}) & R(q^{-1}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_k \\ u_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C(q^{-1})\, e_k \\ 0 \end{pmatrix} \tag{13}$$

vollständig beschreiben. Aus (13) können sämtliche Übertragungsfunktionen und die charakteristische Gleichung entnommen werden.
Der Entwurf eines LQG-Reglers für ein System (1) in Polynomdarstellung erfordert die Lösung

a) des Spektralfaktorisierungsproblems (7)
b) der diophantischen Gleichung (10).

Auf die numerische Lösung dieser beiden Entwurfsschritte soll im folgenden näher eingegangen werden. In der Praxis zeigt sich, daß i. allg. Prozeßmodelle mit $n > 3$ kaum nennenswerte Verbesserungen in der Wiedergabe des dynamischen Verhaltens gegenüber Modellen mit $n \leqq 3$ erreichen. Aus diesem Grund erfolgt hier eine Beschränkung auf $n = 1, 2, 3$.

2.2. *Spektralfaktorisierungsproblem*

Die Faktorisierung schließt eine Nullstellenberechnung ein. Viele Verfahren zur Berechnung von Wurzeln aus Polynomgleichungen haben die Eigenschaften, daß jeweils nur eine (Newton-Verfahren) oder nur zwei (Bairstow-Verfahren) der Nullstellen bei Konvergenz geliefert werden. Andere Verfahren geben bei Konvergenz alle Wurzeln zugleich. Sie haben aber die bekannten und sehr störenden Eigenschaften der Stellenauslöschung und Zahlenbereichsüberschreitung neben den Komplikationen bei nicht reellen, mehrfachen oder dicht benachbarten Wurzeln. Ein weiterer Unsicherheitsfaktor ist die Vorgabe der Startwerte, die starken Einfluß auf die Konvergenz des jeweiligen Verfahrens haben können.
Mit der Voraussetzung, die Faktorisierung unter Echtzeitbedingungen ausführen zu können, werden Verfahren zur Berechnung der Nullstellen gesucht, die eine schnelle Konvergenz garantieren und mit wenigen, einfachen arithmetischen Operationen auskommen. Hierzu lassen sich insbesondere die reziproken Eigenschaften der Nullstellen von selbstreziproken Polynomen ausnutzen. Günstige Anfangswerte der Iteration, die in einer geeigneten Umgebung der Lösung liegen müssen, sind durch den Einheitskreis abgegrenzt.

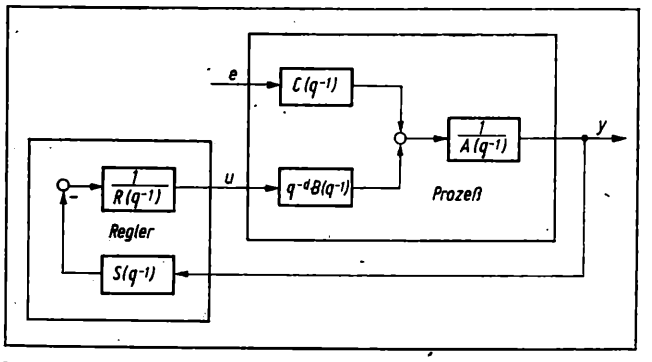


Bild 1. Struktur des geschlossenen Kreises

Im folgenden werden speziell für Systeme 2. Ordnung ($n = 2$) mögliche Varianten vorgestellt, die sich leicht auf Systeme 3. Ordnung übertragen lassen. Das System (1) nimmt die spezielle Form

$$(1 + a_1 q^{-1} + a_2 q^{-2})\, y_k = q^{-d}(b_0 + b_1 q^{-1})\, u_k + (1 + c_1 q^{-1} + c_2 q^{-2})\, e_k \tag{14}$$

an, wobei (3a) zutreffen soll. (14) in den z-Bereich transformiert ergibt

$$\frac{Y(U)}{U} = \frac{b_0 z + b_1}{z^{d+1} + a_1 z^d + a_2 z^{d-1}} = \frac{b_0 z + b_1}{z^{d-1}(z^2 + a_1 z + a_2)}$$

mit $A(z) = z^{d+1} + a_1 z^d + a_2 z^{d-1}$ und $B(z) = b_0 z + b_1$.
Ersetzt man $A(z)$ und $B(z)$ in (7) durch

$$\varrho A(z)\, z^m A(z^{-1}) = \varrho(z^{d+1} + a_1 z^d + a_2 z^{d-1})\, z^{d+1} \times (z^{-d-1} + a_1 z^{-d} + a_2 z^{-d+1})$$

bzw.

$$B(z)\, z^m B(z^{-1}) = (b_0 z + b_1)\, z^{d+1}\, (b_0 z^{-1} + b_1),$$

so erhält man

$$\varrho A(z)\, z^m A(z^{-1}) = z^{d-1}\varrho\{a_2 z^4 + a_1(1 + a_2)\, z^3 + (1 + a_1^2 + a_2^2)\, z^2 + a_1(1 + a_2)\, z + a_2\}$$

und

$$B(z)\, z^m B(z^{-1}) = z^{d-1}\{b_0 b_1 z^3 + (b_0^2 + b_1^2)\, z^2 + b_0 b_1 z\}$$

nach Ausmultiplizieren und Zusammenfassen. Hiermit läßt sich (7) letztlich zu

$$0 = z^{d-1} X(z)$$

vereinfachen, wenn ein selbstreziprokes Polynom

$$X(z) = x_0 z^4 + x_1 z^3 + x_2 z^2 + x_1 z + x_0 \tag{15}$$

mit den Koeffizienten

$$x_0 = \varrho a_2$$
$$x_1 = \varrho a_1(1 + a_2) + b_0 b_1$$
$$x_2 = \varrho(1 + a_1^2 + a_2^2) + b_0^2 + b_1^2$$

verwendet wird. Zerlegt man nun (15) in zwei zueinander reziproke Quadratfaktoren

$$X(z) = x_0(z^2 + pz + q)\left(z^2 + \frac{p}{q} z + \frac{1}{q}\right) = 0, \tag{16}$$

dann kann

$$P(z) = z^{d-1}(z^2 + pz + q)$$

gewonnen werden. Für ein System (14) bestimmen sich die Koeffizienten des gesuchten Polynoms

$$P(q^{-1}) = 1 + pq^{-1} + qq^{-2}$$

für jedes beliebige $d \geqq 1$ aus denen des Quadratfaktors, der (16) und die Ungleichungen

$$q < 1; \qquad q > -1 - p$$
$$q > -1 + p$$

erfüllt. Letztere sichern, daß die Nullstellen sich innerhalb des Einheitskreises befinden.

Beispiel 1

Gegeben sei ein kontinuierliches System mit der Übertragungsfunktion

$$G(p) = \frac{1}{p(1 + h_0 p)}; \qquad h_0 = 5s. \tag{17a}$$

Das korrespondierende diskrete System läßt sich für eine Abtastperiode $h = 0{,}5$ s und Halteglied 0. Ordnung durch die

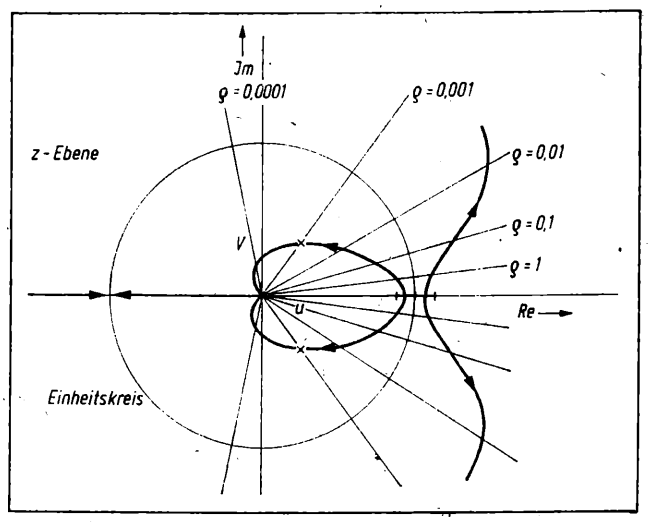


Bild 2. Grafische Darstellung der sich aus der Faktorisierung für (17b) ergebenden Wurzelorte in Abhängigkeit vom Bewertungsfaktor ϱ. Die optimalen Wurzelorte für eine LQ-Regelung an (17a) werden vom Einheitskreis eingeschlossen.

Übertragungsfunktion

$$G(z) = \frac{0{,}024z + 0{,}0236}{z^2 - 1{,}9048z + 0{,}9048} = \frac{B(z)}{A(z)} \tag{17b}$$

beschreiben. Der Polüberschuß ist $d = 1$, so daß sich das charakteristische Polynom aus

$$P(z) = z^2 + pz + q$$

bestimmt. Bild 2 zeigt die optimale Wurzelortskurve in Abhängigkeit des Bewertungsfaktors ϱ in der z-Ebene. Für $\varrho = 0{,}001$ lautet beispielsweise

$$P(z) = z^2 - 0{,}5106z + 0{,}1777\,,$$

und es ergibt sich ein konjugiert komplexes Polpaar $z_{1/2} = 0{,}2553 \pm \mathrm{j}\,0{,}3354$. Dieses Polpaar wird ebenfalls erhalten, wenn ein kontinuierliches System

$$G(p) = \frac{\omega^2}{p^2 + 2\zeta\omega p + \omega^2} \tag{17c}$$

mit der Dämpfung $\zeta = 0{,}684$ und der natürlichen Frequenz $\omega = 2{,}524\ \mathrm{s}^{-1}$ mit der gleichen Periode $h = 0{,}5$ s abgetastet wird. Daher läßt sich die Faktorisierung als eine spezielle (optimale) Polvorgabe interpretieren, die mit dem gewählten $\varrho = 0{,}001$ dem geschlossenen Kreis die Pole des zu (17c) gehörenden diskreten Systems verleiht.

2.3. Numerische Lösung

Die algebraische Gleichung 4. Grades

$$X(z) = x_0z^4 + x_1z^3 + x_2z^2 + x_1z + x_0 = 0 \tag{18}$$

hat 4 Wurzeln, die durch

$$z_1 = \frac{1}{z_3}\,; \qquad z_2 = \frac{1}{z_4}$$

gekennzeichnet sind. Da (18) nur reelle Koeffizienten hat, werden komplexe Wurzeln konjugiert auftauchen. Damit sind die Kombinationen

a) 2 konjugiert komplexe Wurzelpaare $z_1, \bar{z}_1, z_3, \bar{z}_3$

b) 4 reelle Wurzelpaare z_1, z_2, z_3, z_4

möglich, wobei ein komplexes Wurzelpaar bzw. 2 reelle Wurzeln über die Eigenschaft $|z_i| < 1$ verfügen, also im Einheitskreis liegen.

2.3.1. Cardanische (Ferrari-) Formel

Die Wurzeln der Gleichung (18) ergeben sich nach den Formeln

$$z_{1/2/3/4} = \frac{y \pm \sqrt{y^2 - 4}}{2}\,; \quad y = \frac{-x_1 \pm \sqrt{x_1^2 - 4x_0x_2 + 8x_0^2}}{2x_0}\,.$$

Für den Fall $x_1^2 - 4x_0x_2 + 8x_0^2 < 0$ ist der Imaginärteil von y ungleich Null. Damit ist die Operation $\sqrt{y^2 - 4}$ nicht mehr trivial.

2.3.2. Polynomaufspaltung in Quadratfaktoren

In [12] wird ein iterativ arbeitender Aufspaltungsalgorithmus in Quadratfaktoren vorgestellt, in dem die Rechnungen bei reellen Polynomkoeffizienten auch für komplexe Nullstellenpaare vollständig in reeller Arithmetik durchgeführt werden können. Der Algorithmus arbeitet ohne Fallunterscheidung zwischen reellen und komplexen Wurzelpaaren und schließt reelle Doppelwurzeln nicht aus. Testrechnungen zeigten, daß an die Anfangsnäherungen keine hohen Ansprüche gestellt zu werden brauchen. Der zunächst für Polynome n-ten Grades vorliegende Aufspaltungsalgorithmus wurde speziell auf Polynome 4. Grades zugeschnitten und ergab folgende Berechnungsvorschrift

$$\begin{pmatrix} p_k \\ q_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{k-1} \\ q_{k-1} \end{pmatrix} + \frac{1}{D}\begin{pmatrix} b_3 & -b_4 \\ b_4 & (q_{k-1}b_3 - p_{k-1}b_4) \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \Delta Q \\ \Delta P \end{pmatrix} \tag{19}$$

mit $D = x_0\{\Delta Q^2 + \Delta P(q_{k-1}\Delta P - p_{k-1}\Delta Q)\}$, $\Delta P = p_f - p_{k-1}$ und $\Delta Q = q_f - q_{k-1}$, wenn $X(z)$ entsprechend (16) aufgespalten werden soll. In diesem Fall arbeitet das Verfahren im Einzelschritt, wobei die Startnäherungen p_f und q_f für den zweiten Quadratfaktor unverändert bleiben. Die Koeffizienten b_3 und b_4 werden mit Hilfe des doppelzeiligen Hornerschemas

$$b_{-1} = 0; \qquad b_0 = x_0;$$
$$r = 1, 2, 3;$$
$$b_r = x_r - p_{k-1}b_{r-1} - q_{k-1}b_{r-2}; \qquad x_3 = x_1;$$
$$b_4 = x_0 - q_{k-1}b_2$$

bestimmt. Die Berechnung der zwei Korrekturen, einschließlich der Koeffizienten b_3, b_4 im doppelzeiligen Hornerschema verlangt 15 Additionen, 17 Multiplikationen und 2 Divisionen in jedem Iterationsschritt. Günstige Startwerte sind

$$p_0 = -1{,}0; \quad q_0 = 0{,}5; \quad (z_0 = 0{,}5 \pm \mathrm{j}0{,}5)\,,$$
$$p_f = -2{,}0; \quad q_f = 4{,}25; \quad (z_f = 1{,}0 \pm \mathrm{j}0{,}5)\,.$$

Tafel 1 zeigt a) die Anwendung des Algorithmus und b) des Bairstow-Verfahrens [10] (17 Additionen, 18 Multiplikationen, 2 Divisionen) am Beispiel des Systems (17) für $\varrho = 0{,}001$.

2.3.3. Newton-Verfahren

Für das selbstreziproke Polynom $X(z)$ in (15) wird die multiplikative Darstellung

$$X(z) = x_0(z^2 + pz + q)\left(z^2 + \frac{p}{q}z + \frac{1}{q}\right) \tag{20}$$

gesucht. Multipliziert man (20) aus und vergleicht die Koeffizienten,

z^4	z^3	z^2	z^1	z_0
x_0	$x_0p\left(\frac{1}{q}+1\right)$	$x_0\left(\frac{1}{q}+\frac{p^2}{q}+q\right)$	$x_0p\left(\frac{1}{q}+1\right)$	x_0
x_0	x_1	x_2	x_1	x_0

so erhält man zwei nichtlineare Gleichungen

$$x_1 = x_0p\left(\frac{1}{q} + 1\right) \quad \text{und} \quad x_2 = x_0\left(\frac{1}{q} + \frac{p^2}{q} + q\right)$$

in den Unbekannten p und q. Danach ergeben sich p und q als Lösungen des nichtlinearen Gleichungssystems

$$\boldsymbol{f}(p, q) = \begin{pmatrix} f_1(p, q) \\ f_2(p, q) \end{pmatrix} = \boldsymbol{0} \quad \text{mit} \quad \begin{aligned} f_1 &= p(1 + q) - \frac{x_1}{x_0}q \\ f_2 &= p^2 + 1 + q^2 - \frac{x_2}{x_0}q\,. \end{aligned}$$

Entwickelt man $\boldsymbol{f}(p_{k-1}, q_{k-1})$ in eine Taylor-Reihe und bricht diese nach dem linearen Glied ab, so bekommt man ein lineares System

$$\begin{pmatrix} p_k \\ q_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{k-1} \\ q_{k-1} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial p} & \frac{\partial f_1}{\partial q} \\ \frac{\partial f_2}{\partial p} & \frac{\partial f_2}{\partial q} \end{pmatrix}^{-1}\begin{pmatrix} f_1(p_{k-1}, q_{k-1}) \\ f_2(p_{k-1}, q_{k-1}) \end{pmatrix}$$

von Bestimmungsgleichungen für die Korrekturen $p_k - p_{k-1}$ und $q_k - q_{k-1}$. Die Matrixinversion kann sofort berücksichtigt werden, und man erhält mit

$$\begin{pmatrix} p_k \\ q_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{k-1} \\ q_{k-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -\frac{\partial f_2}{\partial q} & \frac{\partial f_1}{\partial q} \\ \frac{\partial f_2}{\partial p} & -\frac{\partial f_1}{\partial p} \end{pmatrix} \times$$
$$\times \begin{pmatrix} f_1(p_{k-1}, q_{k-1}) \\ f_2(p_{k-1}, q_{k-1}) \end{pmatrix} \frac{1}{\frac{\partial f_1}{\partial p}\frac{\partial f_2}{\partial q} - \frac{\partial f_1}{\partial q}\frac{\partial f_2}{\partial p}}\,, \tag{21}$$

letztlich eine Vorschrift, nach der p und q iterativ bestimmt werden können. Für die partiellen Ableitungen ergeben sich folgende Funktionen

$$\frac{\partial f_1}{\partial p} = 1 + q_{k-1}; \qquad \frac{\partial f_1}{\partial q} = p_{k-1} - \frac{x_1}{x_0};$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial p} = 2p_{k-1}; \qquad \frac{\partial f_2}{\partial q} = 2q_{k-1} - \frac{x_2}{x_0}.$$

Diese Variante verlangt in jedem Schritt 15 Additionen, 11 Multiplikationen und 2 Divisionen. Der Rechenaufwand ließe sich auf Kosten der Konvergenzgeschwindigkeit verringern, wenn die im ersten Schritt berechnete Matrix in jedem nachfolgenden benutzt wird. Diese Vereinfachung ist hier berechtigt, da die 2. partiellen Ableitungen Konstanten sind. Tafel 2 zeigt die Anwendung des Algorithmus a) für eine in jedem Schritt neu berechnete und b) für eine konstante Matrix am Beispiel des Systems (17) für $\varrho = 0{,}001$. Das Verfahren liefert bereits für $k = 2$ eine ausreichend genaue Näherung.

Die Vorgabe des Bewertungsfaktors ϱ ist in der Praxis eine schwere Aufgabe, wenn die Streckenparameter unbekannt sind. Beispiel 1 zeigt, daß sich die Pole mit ϱ beliebig entlang der optimalen Wurzelortskurve verschieben lassen. Im Sinne einer direkten Polvorgabe läßt sich das Problem in der Weise vereinfachen, daß (vorausgesetzt die Pole

$$z_{1/2} = -\frac{p}{2} \pm \mathrm{j}\sqrt{q - \frac{p^2}{4}} = u \pm \mathrm{j}v$$

sind komplexer Art, was sich im nachhinein überprüfen läßt) der Realteil

$$u = -\frac{p}{2}$$

vorgegeben wird. Durch die Vorgabe von u ist p bereits vollständig bekannt. Gesucht wird nun q. Die folgenden Ausführungen zeigen, daß der Bewertungsfaktor ϱ ebenfalls geliefert wird. (15) kann in der Darstellung

$$X(z) = \varrho A_0 z^4 + (\varrho A_1 + B_1) z^3 + (\varrho A_2 + B_2) z^2 + (\varrho A_1 + B_1) z + \varrho A_0 \qquad (22)$$

mit

$$A_0 = a_2; \qquad A_1 = a_1(1 + a_2); \qquad A_2 = y + a_1^2 + a_2^2;$$
$$B_1 = b_1 b_2; \qquad B_2 = b_1^2 + b_2^2$$

wiedergegeben werden. Gesucht ist für $X(z)$ die multiplikative Darstellung

$$X(z) = \varrho A_0 (z^2 - 2uz + q)\left(z^2 - \frac{2u}{q} + \frac{1}{q}\right). \qquad (23)$$

Der Koeffizientenvergleich zwischen (22) und (23) liefert zwei nichtlineare Gleichungen

$$-2u(1 + q)\varrho A_0 = \varrho A_1 q + B_1 q$$

und

$$(1 + 4u^2 + q^2)\varrho A_0 = \varrho A_2 q + B_2 q$$

in den Unbekannten q und ϱ. Damit ergeben sich q und ϱ als Lösungen des nichtlinearen Gleichungssystems

Tafel 1. Konvergenz a) des Aufspaltungsalgorithmus und b) des Bairstow-Verfahrens

k	a) p_k	q_k	b) p_k	q_k
0	−1,00000	0,50000	−1,00000	0,50000
1	−0,34875	0,09474	−0,49857	−0,17957
2	−0,56718	0,20411	−0,52141	0,15135
3	−0,49154	0,16982	−0,51068	0,17773
4	−0,51702	0,18007	−0,51061	0,17770
5	−0,50850	0,17701	−0,51061	0,17770

Tafel 2. Ergebnisse des Newton-Verfahrens

k	a) p_k	q_k	b) p_k	q_k
0	−1,00000	0,50000	−1,00000	0,50000
1	−0,54740	0,13468	−0.54740	0,13468
2	−0,50645	0,17659	−0,49977	0,17120
3	−0,51061	0,17770	−0,50812	0,17867
4	−0,51061	0,17770	−0,51077	0,17821
5	−0,51061	0,17770	−0,51077	0,17773

Tafel 3. Ergebnisse des Newton-Verfahrens bei Vorgabe des Realteils

k	q_k	ϱ_k
0	0,50000	1,00000
1	0,49872	0,00385
2	0,30060	0,00231
3	0,22884	0,00133
4	0,18800	0,00106
5	0,17828	0,00100

Tafel 4. Berechnungsvorschriften für die unbekannten Polynome P' und Q'

n	P'	Q'
1	$-\frac{Q_1}{R_2}$	$\frac{1}{R_2}$
2	$\frac{1}{R_3}(1 + Q_1 Q_2)$	$-\frac{Q_2}{R_3}$
3	$-\frac{1}{R_4}\{Q_1(1 + Q_2 Q_3) + Q_3\}$	$\frac{1}{R_4}(1 + Q_2 Q_3)$

$$\boldsymbol{f}(q, \varrho) = \begin{pmatrix} f_1(q, \varrho) \\ f_2(q, \varrho) \end{pmatrix} = \boldsymbol{0}$$

mit

$$f_1 = -2u(1 + q)\varrho A_0 - \varrho A_1 q - B_1 q,$$
$$f_2 = (1 + 4u^2 + q^2)\varrho A_0 - \varrho A_2 q - B_2 q.$$

Wendet man zur Lösung des nichtlinearen Gleichungssystems das Newton-Verfahren an, so erhält man die Berechnungsvorschrift

$$\begin{pmatrix} q_k \\ \varrho_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_{k-1} \\ \varrho_{k-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -\frac{\partial f_2}{\partial \varrho} & \frac{\partial f_1}{\partial \varrho} \\ \frac{\partial f_2}{\partial q} & -\frac{\partial f_1}{\partial q} \end{pmatrix} \times \times \begin{pmatrix} f_1(q_{k-1}, \varrho_{k-1}) \\ f_2(q_{k-1}, \varrho_{k-1}) \end{pmatrix} \frac{1}{\frac{\partial f_1}{\partial q}\frac{\partial f_2}{\partial \varrho} - \frac{\partial f_1}{\partial \varrho}\frac{\partial f_2}{\partial q}}. \qquad (24)$$

Für die partiellen Ableitungen ergeben sich folgende Funktionen

$$\frac{\partial f_1}{\partial q} = -\{(2uA_0 + A_1)\varrho_{k-1} + B_1\};$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial \varrho} = -\{(2uA_0 + A_1) q_{k-1} + 2uA_0\};$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial q} = -\{(A_2 - 2A_0 q_{k-1})\varrho_{k-1} + B_2\};$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial \varrho} = -\{A_2 q_{k-1} - (1 + 4u^2 + q_{k-1}^2) A_0\}.$$

Die Berechnung der zwei Korrekturen $q_k - q_{k-1}$ und $\varrho_k - \varrho_{k-1}$ erfordert in jeder Iteration 21 Additionen, 26 Multiplikationen und 2 Divisionen. Tafel 3 stellt die Ergebnisse des Algorithmus für eine in jedem Schritt neu berechnete Matrix am Beispiel des Systems (17) für $u = 0{,}2553$, $p = -0{,}5106$ vor.

Bemerkungen:

1. Die vorgestellten Algorithmen zur Lösung des Spektralfaktorisierungsproblems für Systeme 2. Ordnung kommen mit einer akzeptablen Anzahl von einfachen arithmetischen Operationen aus. Da die Lösung in dem vom Einheitskreis eingeschlossenen Gebiet zu erwarten ist, können günstige Startwerte vorgegeben werden, die eine gute Konvergenz sichern. Für zeitvariante Systeme mit sich langsam ändernden Parametern braucht die Faktorisierung nicht in jedem Abtastschritt durchgeführt zu werden, so daß sie nur wenig Rechenzeit beansprucht. Die vordringliche Rücksichtnahme auf Rechenzeit wird mit der Entwicklung der Mikrorechentechnik ohnehin mehr und mehr aus dem Implementierungskonzept des Ingenieurs verschwinden.
2. Darf man eine exakte Bestimmung von $A(z)$ und $B(z)$ voraussetzen, dann liefert die Faktorisierung in der kurzen Phase bis zum Erreichen guter Näherungen keine optimalen, aber in jedem Fall stabile Pole, womit stets ein stabiles geschlossenes System garantiert wird.

2.4. *Diophantische Gleichung*

Eine diophantische Gleichung

$$A(q^{-1})\,R(q^{-1}) + q^{-d}B(q^{-1})\,S(q^{-1}) = P(q^{-1})\,C(q^{-1}) \qquad (25)$$

mit den bekannten Polynomen $A(q^{-1})$, $q^{-d}B(q^{-1})$, $P(q^{-1})$, $C(q^{-1})$ und den gesuchten Polynomen $R(q^{-1})$ und $S(q^{-1})$ ist genau dann lösbar, wenn der größte gemeinsame Teiler von $A(q^{-1})$ und $B(q^{-1})$ auch das Polynom $P(q^{-1})\,C(q^{-1})$ teilt. Sind insbesondere

$A(q^{-1})$ und $B(q^{-1})$ teilerfremd, so hat (25) stets eine Lösung. Die Lösung von (25) ist jedoch nicht eindeutig, was sich mit

$$A(R - q^{-d}BD) + q^{-d}B(S + AD) = PC \tag{26}$$

leicht zeigen läßt. Das Polynom D ist beliebig wählbar. Unter Beachtung dieser Aussagen zur Lösung der diophantischen Gleichung läßt sich ein Lösungsweg finden, der im folgenden gezeigt werden soll.

Schritt 1: Löse die spezielle diophantische Gleichung

$$AP' + q^{-d}BQ' = 1\,. \tag{27}$$

Schritt 2: Setze das Teilerprinzip durch und multipliziere beide Seiten von (27) mit PC

$$AP'PC + q^{-d}BQ'PC = PC\,. \tag{28}$$

Schritt 3: Vergleich zwischen (26) und (28) liefert die Bestimmungsgleichungen für R und S

$$P'PC = R - q^{-d}BD \quad \text{und} \quad Q'PC = S + AD\,,$$

wonach sich diese durch Polynomdivision mit Rest

$$\frac{P'PC}{q^{-d}B} = -D + \frac{R}{q^{-d}B}\,,$$

$$\frac{Q'PC}{A} = D + \frac{S}{A}$$

oder

$$R = P'PC \bmod q^{-d}B \tag{29a}$$

$$S = Q'PC \bmod A \tag{29b}$$

ergeben.

Gleichung (27) läßt sich unter der Voraussetzung Grad $B + d \geqq$ $\geqq$ Grad A mit Hilfe des Euklidischen Algorithmus lösen:

$$(1)\quad q^{-d}B = Q_1A + R_2; \qquad R_2 = q^{-d}B - Q_1A\,,$$

$$(2)\quad A = Q_2R_2 + R_3; \qquad R_3 = A - Q_2R_2\,,$$

$$(3)\quad R_2 = Q_3R_3 + R_4; \qquad R_4 = R_2 - Q_3R_3\,,$$

$$\vdots$$

$$(n)\quad R_{n-1} = Q_nR_n + R_{n+1}; \qquad R_{n+1} = R_{n-1} - Q_nR_n.$$

Der letzte von Null verschiedene Rest R_{n+1} ist für den Fall, daß A und B teilerfremd sind, eine Konstante. Stellt man nun jede Gleichung m ($m = 1, 2, \dots, n$) nach R_{m+1} um und eliminiert die R_m in Gleichung n schrittweise mit Hilfe der Gleichung $m - 1$ ($m = n, \dots, 3, 2$), so erhält man letztlich die Gleichung

$$R_{n+1} = P''A + Q''q^{-d}B\,, \tag{30a}$$

in der P'' und Q'' nur noch von den Quotienten Q_i ($i = 1, 2, \dots, n$) abhängen. (30) kann nun entsprechend (27) umgeformt werden zu

$$\frac{1}{R_{n+1}}(P''A + Q''q^{-d}B) = 1\,.$$

Für $n = 1, 2, 3$ bestimmen sich die Polynome P' und Q' entsprechend Tafel 4.

Ebenso wie für R_{n+1} läßt sich für jedes andere R_j eine lineare Darstellung in A und $q^{-d}B$ mit

$$R_j = P_j''A + Q_j''q^{-d}B \tag{30b}$$

finden, wenn in

$$R_j = R_{j-2} - Q_{j-1}R_{j-1} \tag{31}$$

die Reste $R_{j-1}, R_{j-2}, \dots, R_2$ eliminiert werden. Ersetzt man

$$R_{j-2} = P_{j-2}''A + Q_{j-2}''q^{-d}B$$

und

$$R_{j-1} = P_{j-1}''A + Q_{j-1}''q^{-d}B$$

in (31), so gewinnt man durch Vergleich mit (30b) eine rekursive Berechnungsvorschrift für P'' und Q'':

$$P_j'' = P_{j-2}'' - Q_{j-1}P_{j-1}'', \qquad P'' = P_{n+1}'', \tag{32a}$$

$$Q_j'' = Q_{j-2}'' - Q_{j-1}Q_{j-1}'', \qquad Q'' = Q_{n+1}''\,. \tag{32b}$$

Wegen (32) und

$$R_2 = -Q_1A + q^{-d}B$$

gilt

$$P_1'' = Q_0'' = 1\,; \qquad P_0'' = Q_1'' = 0\,.$$

Da das Polynom D selbst unbekannt ist, muß zur Lösung von (29) eine der beiden Bedingungen

$$\text{Grad } R < \text{Grad } B + d$$

$$\text{Grad } S < \text{Grad } A$$

erfüllt sein. Die Koeffizienten des Polynoms D werden dann mit jener Gleichung bestimmt, deren Divisor die Bedingung erfüllt.

Aufgrund der Mehrdeutigkeit der Lösung der diophantischen Gleichung (25) müssen zur Berechnung der optimalen Polynome ihre Grade vorgegeben werden:

$$\left.\begin{aligned} &\text{Grad } S(q^{-1}) = \text{Grad } A(q^{-1}) - 1\,,\\ &\text{Grad } R(q^{-1}) = \text{Grad } B(q^{-1}) - 1 + d \quad \text{für} \quad d - 1 > 0\,,\\ &\qquad\qquad = \text{Grad } B(q^{-1}) + 1 \qquad\quad \text{für} \quad d - 1 = 0\,, \end{aligned}\right\} \tag{33a}$$

$$\left.\begin{aligned} &\text{Grad } S(q^{-1}) = \text{Grad } A(q^{-1}) - 1\,,\\ &\text{Grad } R(q^{-1}) = \text{Grad } B(q^{-1}) - 1 + d\,. \end{aligned}\right\} \tag{33b}$$

Diese Bedingungen sichern, daß das optimale Regelgesetz berechnet wird und nicht unnötig Koeffizienten zu Null bestimmt werden, von denen man es von vornherein weiß. Die Gradbedingungen (33) gelten für (3a), (3b).

Andere Varianten, die die Lösung eines linearen Gleichungssystems erfordern, sollen nachfolgend kurz diskutiert werden. Für die (Grad R + Grad S + 1) gesuchten Koeffizienten lassen sich durch Koeffizientenvergleich ebensoviel lineare Gleichungen finden. Mit Hilfe eines Gaußschen Eliminationsalgorithmus können dann die unbekannten Koeffizienten bestimmt werden. Es zeigt sich aber, daß dieser Lösungsweg etwa das 2- bis 3fache des vorangestellten Weges an arithmetischen Operationen benötigt. Der Polüberschuß d beeinflußt wesentlich die Ordnung der Matrix und damit die Anzahl der Operationen. Außerdem ist der Organisationsaufwand zum Aufbau der Matrix erheblich. Daher ist es sinnvoller, für Grad R + Grad S < 3 die Kramersche Regel direkt anzuwenden und im anderen Fall den vorangestellten Lösungsweg zu benutzen.

Beispiel 2

Es ist die diophantische Gleichung

$$AR + q^{-d}BS = PC\,,$$

$$(1 - q^{-1} + q^{-2})(r_0 + r_1q^{-1} + r_2q^{-2}) + q^{-2}(2q^{-1} - 2) \times$$
$$\times (s_0 + s_1q^{-1}) = 1 + 2q^{-4}$$

zu lösen.

a) Koeffizientenvergleich liefert folgendes Gleichungssystem

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0\\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0\\ 1 & -1 & 1 & -2 & 0\\ 0 & 1 & -1 & 2 & -2\\ 0 & 0 & 1 & 0 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_0\\ r_1\\ r_2\\ s_0\\ s_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1\\ 0\\ 0\\ 0\\ 2 \end{pmatrix},$$

aus dem mit Hilfe des Gauß-Jordan-Algorithmus

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_0\\ r_1\\ r_2\\ s_0\\ s_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1\\ 1\\ 1\\ 0{,}5\\ 0{,}5 \end{pmatrix}$$

gewonnen wurde.

b) *Schritt 1*: Löse die Gleichung $AP' + q^{-d}BQ' = 1$.

$$(1)\quad 2q^{-3} - 2q^{-2} = (q^{-2} - q^{-1} + 1)(2q^{-1}) - 2q^{-1}$$

$$(2)\quad q^{-2} - q^{-1} + 1 = (-2q^{-1})(-0{,}5q^{-1} + 0{,}5) + 1$$

$$Q_1 = 2q^{-1}; \quad Q_2 = -0{,}5q^{-1} + 0{,}5; \quad R_3 = 1$$

$$P' = \frac{1}{R_3}(1 + Q_1Q_2) = -q^{-2} + q^{-1} + 1;$$

$$Q' = -\frac{Q_2}{R_3} = 0{,}5q^{-1} - 0{,}5$$

Schritt 2: Bestimme die Polynome $P'PC$ und $Q'PC$.

$$P'PC = -2q^{-6} + 2q^{-5} + 2q^{-4} - q^{-2} + q^{-1} + 1$$

$$Q'PC = q^{-5} - q^{-4} + 0{,}5q^{-1} - 0{,}5$$

Schritt 3: Bestimme die Polynome R, S und D.

$$-2q^{-6} + 2q^{-5} + 2q^{-4} - q^{-2} + q^{-1} + 1 =$$
$$= (2q^{-3} - 2q^{-2})(-q^{-3} + q^{-1} + 1) +$$
$$+ (q^{-2} + q^{-1} + 1)$$

$$q^{-5} - q^{-4} + 0{,}5q^{-1} - 0{,}5 =$$
$$= (q^{-2} - q^{-1} + 1)(q^{-3} - q^{-1} - 1) +$$
$$+ (0{,}5q^{-1} + 0{,}5)$$

$$R = q^{-2} + q^{-1} + 1; \qquad S = 0{,}5q^{-1} + 0{,}5;$$

$$D = q^{-3} - q^{-1} - 1\,.$$

(wird fortgesetzt)

M. Arndt; O. Fiedler; H.-J. Lippe

CCD-Miniaturgasthermometer zur Messung innerer Temperaturen bewegter Objekte

0. Einleitung

Das Messen von Temperaturen in und an bewegten Objekten stößt auf Schwierigkeiten, wenn sich die Objekte in starken elektromagnetischen Feldern befinden und durch diese erwärmt werden sollen. Für eine geregelte Erwärmung ist aber die Erfassung des Temperaturfeldes eine wesentliche Voraussetzung. Bisher sind dazu bei der Mikrowellenerwärmung pyrometrische Meßmethoden angewendet worden [2] und [5]. Sie liefern jedoch nur Oberflächentemperaturen, die sich von den Kerntemperaturen merklich unterscheiden können. Um störungsfrei im Innern zu messen, muß die Temperatursensorik folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Wandlung elektromagnetischer Energie in Wärme darf durch den Sensor nicht gestört werden.
- Die thermische und elektromagnetische Feldverteilung muß erhalten bleiben.
- Der Sensor muß unempfindlich gegenüber den elektromagnetischen Wellen sein.
- Die Meßwertübertragung nach außen muß störungs- und rückwirkungsfrei erfolgen.

Näherungsweise lassen sich diese Forderungen mit miniaturisierten Gasthermometern erfüllen, die sich mit dem Objekt in einem starken Mikrowellenfeld drehen können und die die Temperaturinformationen über flexible gasführende Kapillaren in feldfreie Räume leiten. Sie sind in einem Gerät zur Mikrowellenerwärmung kryokonservierter Gewebe und Organe eingesetzt und messen Temperaturen von −196 °C bis +50 °C [2]. Das realisierte Temperaturmeßgerät verfügt über vier Meßstellen und liefert eine temperaturproportionale Ausgangsspannung von 10 mV/K. Die Thermometeranzeigen werden mit Hilfe einer CCD-Zeilenkamera abgetastet (Bild 1) [1].

1. Wirkungsprinzip, Aufbau und Charakteristik des Temperatursensors

Gasthermometer benutzen Gase als Thermometersubstanz. Ein mit Helium gefülltes Thermometer mißt z. B. Temperaturen, die recht genau der thermodynamischen Skala entsprechen. Bekannte Ausführungsformen (z. B. Jolly-Thermometer) sind allerdings für den genannten Anwendungsfall nicht brauchbar, da die Anzeige unempfindlich gegen Lageänderung und Bewegung des Thermometers sein muß. Der Meßwert ist ohne elektrische Leiter in den feldfreien Raum zu übertragen.

Diese Forderungen werden von einem Thermometer erfüllt, das nach Bild 2 aus einer kleinen Glaskugel mit dem Meßvolumen V_{T_0}, einer langen Verbindungskapillare und einer nach außen abgeschlossenen Anzeigekapillare besteht. In der Anzeigekapillare befindet sich ein Quecksilbertropfen, dessen Verschiebung ein Maß für die Temperatur ist. Der Aufbau läßt erkennen, daß sich sowohl der Druck als auch das Volumen mit der Temperatur ändern. Unter Berücksichtigung der Temperaturen und der Volumina in der Verbindungskapillare T_M, V_{T_M} sowie in der Anzeigekapillare T_B, V_{T_B} ergibt sich eine Verschiebung Δl in Abhängigkeit von der Temperatur T im Meßvolumen nach Bild 2

$$\Delta l = l_x \frac{V_{T_0} \cdot T_M \cdot T_B \cdot \left(1 - \frac{T_0}{T \cdot T_B / T'_B}\right) + \frac{\pi}{4} \cdot d_c^2 \cdot l_c \cdot T_0 \cdot T_B \cdot \left(1 - \frac{T_M \cdot T'_B}{T'_M \cdot T_B}\right)}{V_{T_0} \cdot T_M \cdot T_B + \frac{\pi}{4} \cdot d_c^2 \cdot l_c \cdot T_0 \cdot T_B + \frac{\pi}{4} \cdot d_m^2 \cdot (l'_c + l_x) \cdot T_0 \cdot T_M} .$$

Die für das Gasthermometer typische nichtlineare Kennlinie mit Stickstoff als Füllgas ist im Bild 3 dargestellt. Die Empfindlichkeit nimmt mit steigender Temperatur ab.
Das Thermometer besteht aus Quarzglas und hat eine Gesamtlänge von etwa 700 mm. Die Innendurchmesser betragen

— Meßkugel	2 ... 3 mm
— Verbindungskapillare	40 µm
— Anzeigekapillare	400 µm .

Die dünne Verbindungskapillare ist eine flexible Verbindung zwischen Meß- und Ableseort. Sie ermöglicht Biegeradien bis zu 10 mm. Die Anzeigekapillare ist 50 mm lang und hat einen Außendurchmesser von 3,5 mm. Bild 4 zeigt die Ausführung eines Gasthermometers mit der Meßkugel mit tropfenförmiger Verjüngung und der Anzeigekapillare (Verbindungskapillare nur teilweise dargestellt). Bei der Herstellung des Thermometers wird mit dem Verschließen der Anzeigekapillare an der Stelle l_x der Hub des Quecksilbertropfens für das Thermometerintervall von −196 °C bis +50 °C festgelegt. Er beträgt im vorliegenden Fall etwa 20 mm.

2. Meßwertübertragung mit CCD-Linienkamera

Bild 1 läßt erkennen, daß vier Gasthermometer um jeweils 90° versetzt auf dem Drehkörper mit ihrer Anzeigekapillare justierbar befestigt sind. Bei der Rotation des Drehkörpers werden die von den Gasthermometern in Wegänderungen gewandelten Temperaturmeßgrößen nacheinander während der Bewegung erfaßt. Dies erfolgt mit Hilfe einer CCD-Zeilenkamera LK 3000 vom VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin [6]. Das für die Projektion der Anzeigekapillare erforderliche Licht liefert ein Halogenstrahler GX4 (12 V/20 W). Zur Erhöhung der örtlichen Homogenität wird das direkte Strahlerlicht von einer gebeizten Aluminiumfläche reflektiert. Diese befindet sich von der Kamera aus betrachtet hinter der Meßkapillare. Ein direkter Lichteinfall in die Kamera wird jedoch durch eine Blende verhindert. Das angewendete Prinzip der Bilderkennung basiert auf dem Durchlicht-Dunkelfeld-Verfahren [7]. Hierbei wird durch ein großes Verhältnis vom Außen- zum Innendurchmesser der Meßkapillare der Kontrast verbessert.
Die CCD-Kamera LK 3000 ist mit einem Objektiv vom Typ Zeiss Tessar 2,8/50 ausgerüstet. Sie erfaßt bei einem Objektabstand von 346 mm den gewünschten Meßbereich von 20,5 mm. Als Strahlungsempfänger hat die LK 3000 den aus 256 Einzelbildpunkten bestehenden CCD-Zeilensensor L 110 C. Das während der Lichtintegrationszeit entstandene Ladungsbild wird durch eine Impulsfolge aus der CCD-Zeile herausgeschoben und in einem nachgeschalteten Videoverstärker verstärkt. Über eine Abtast-Halte-Schaltung gelangt die Zeileninformation als analoges Videosignal an den Kameraausgang V_A. Am Kameraausgang V_B steht das von einem Komparator binarisierte Videosignal V_B zur Verfügung (Bild 5). Die Binarisierungsschwelle

Dipl.-Ing. *Michael Arndt* (28) studierte nach Abitur und autodidaktischer Qualifizierung zum Funkmechaniker von 1980 bis 1985 an der Sektion Technische Elektronik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock. Seit 1985 wissenschaftlich-technischer Mitarbeiter der „Werkstatt für Physik-Elektronik" in Mirow.

Prof. Dr. sc. nat. *Otto Fiedler* (55) studierte nach einer Werkzeugmacher-Facharbeiterausbildung von 1952 bis 1957 Physik an der Universität Rostock. Von 1959 bis 1966 wissenschaftlicher Assistent am Institut für Experimentelle Kernphysik der TU Dresden. 1966 Promotion A zum Wirkungsquerschnitt von Fusionsreaktionen, 1972 Promotion B zur Herstellung dünner Schichten durch Ionenzerstäubung. Von 1966 bis 1973 wissenschaftlicher Mitarbeiter bzw. Dozent am Lehrstuhl für Festkörperphysik der TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Physik/Elektronische Bauelemente. 1974 Berufung zum Professor für Theoretische Elektrotechnik an der Sektion TE der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock. Dort Wissenschaftsbereichsleiter Allgemeine Elektrotechnik.

Dr.-Ing. *Hans-Jürgen Lippe* (41) studierte von 1963 bis 1965 Physik an der Universität Greifswald. Nach anschließender autodidaktischer Qualifizierung zum Funkmechaniker 1968 Meister für Rundfunk- und Fernsehtechnik. 1973 Hochschulingenieur für Informationstechnik. 1974 externe Qualifizierung zum Diplomingenieur an der Humboldt-Universität zu Berlin. Von 1969 bis 1975 leitender Mitarbeiter im Fernsehservice. Von 1975 bis 1977 Leiter der Außenstelle für wissenschaftlichen Gerätebau des FZMM der AdW der DDR in Mirow. Seit 1977 Inhaber der „Werkstatt für Physik-Elektronik" in Mirow. 1987 Promotion A zur Mikrowellenerwärmung von biologischem Material.

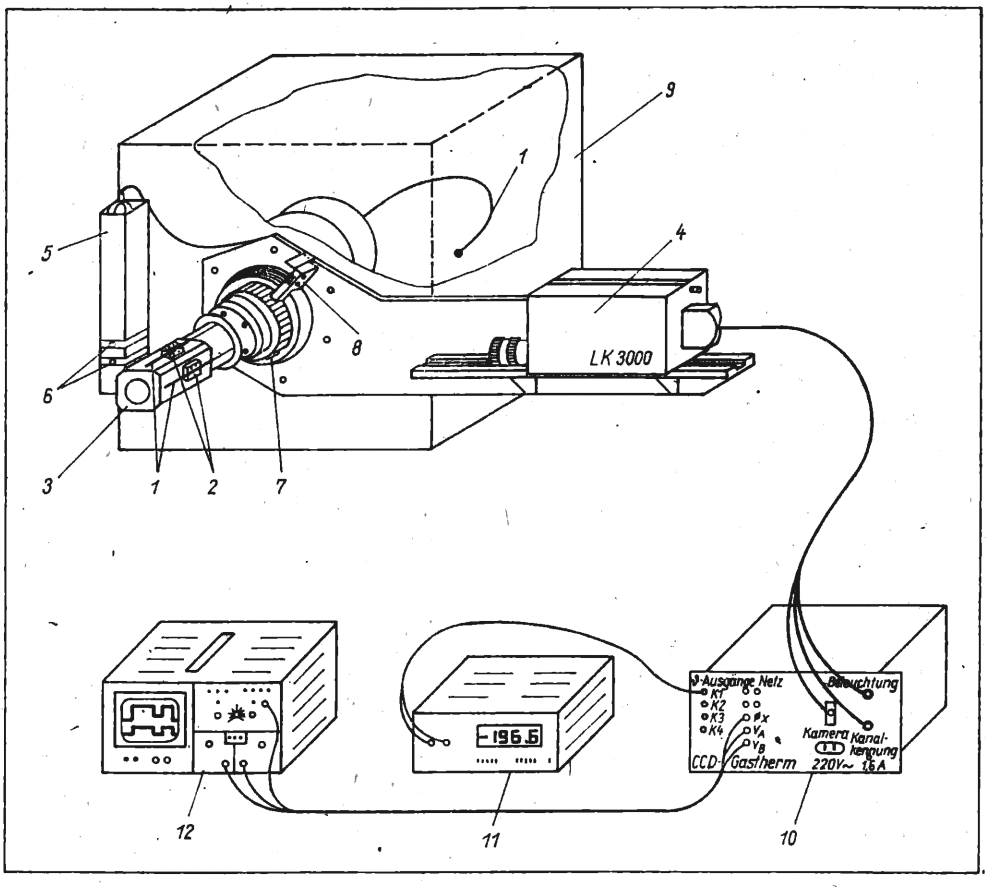


Bild 1. CCD-Miniaturgasthermometer, Gesamtaufbau

1 Gasthermometer; *2* Gasthermometerhalterung; *3* Drehkörpervorsatz; *4* CCD-Zeilenkamera; *5* Halogenstrahler; *6* verstellbare Blenden; *7* Kanalkennungskodescheibe; *8* Kanalkennungssensor; *9* Hohlraumresonator; *10* Auswertegerät „CCD-Gastherm"; *11* Digitalanzeige; *12* 2-Kanal-Oszilloskop

wird im Gerät auf 30% des Sättigungspegels eingestellt. Mit Hilfe dieser beiden und einiger kamerainternen Signale [1] wird im Meßwertverarbeitungsgerät „CCD-Gastherm" die Temperaturinformation gewonnen.

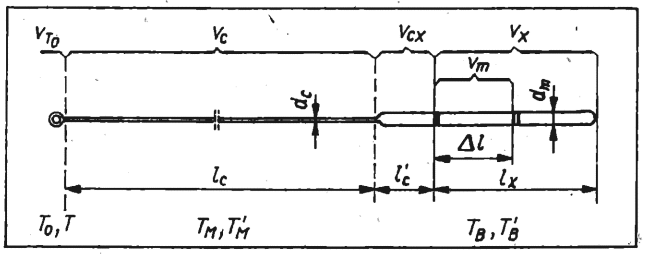
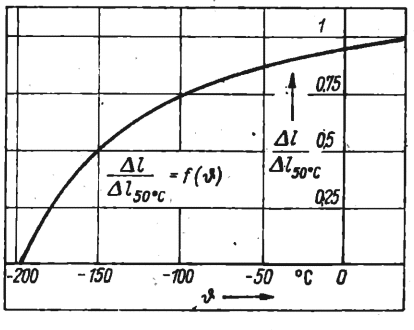


Bild 2. Modell des Gasthermometerelementes

3. Meßwertverarbeitungsgerät des CCD-Gasthermometers

Das Gerät besteht aus vier Hauptgruppen, dem Analogwertbildner, der Signalidentifikation, der Kanalkennung und der Linearisierung (Bild 6). Zur Analogwertgewinnung steuern die Bildpunkte (Takte) bis zur L/H-Flanke des binarisierten Videosignals V_B einen Stufenintegrator. Die Anzahl der Punkte entspricht der Verschiebungsstrecke Δl des Quecksilbertropfens in der Anzeigekapillare und liefert eine ihr proportionale Spannung. Daran schließt sich eine Schaltung zur Linearisierung der Thermometerkennlinie an. Über Abtast-Halte-Glieder (S & H), die ihre Takte von der Kanalkennung erhalten, werden die Meßsignale nach den Meßstellen getrennt ausgegeben.

Bild 3. Kennlinie des Gasthermometers



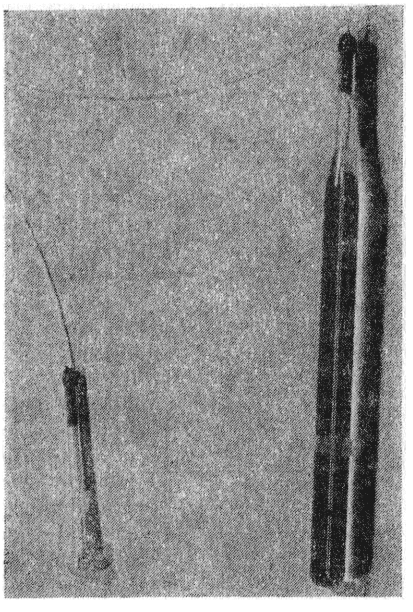


Bild 4. Praktische Realisierung des Gasthermometers

◀

Bild 5. Binarisiertes Videosignal der Anzeigekapillare

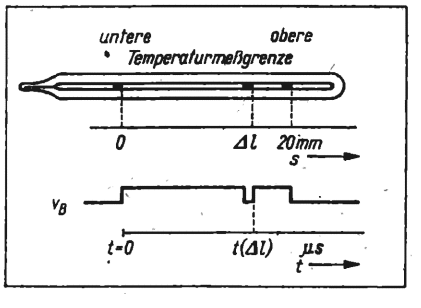


Bild 5. Schematische Darstellung der Wirkungsweise des Auswertegerätes

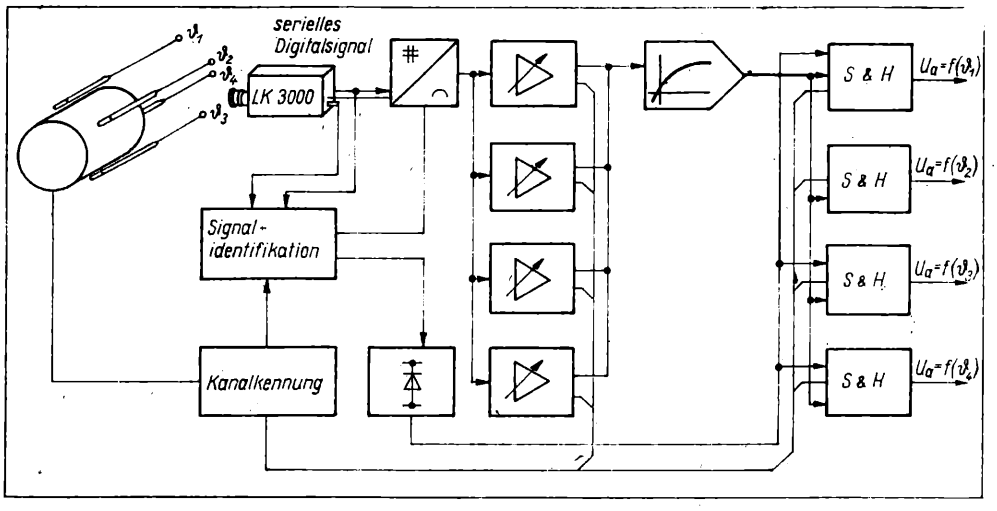
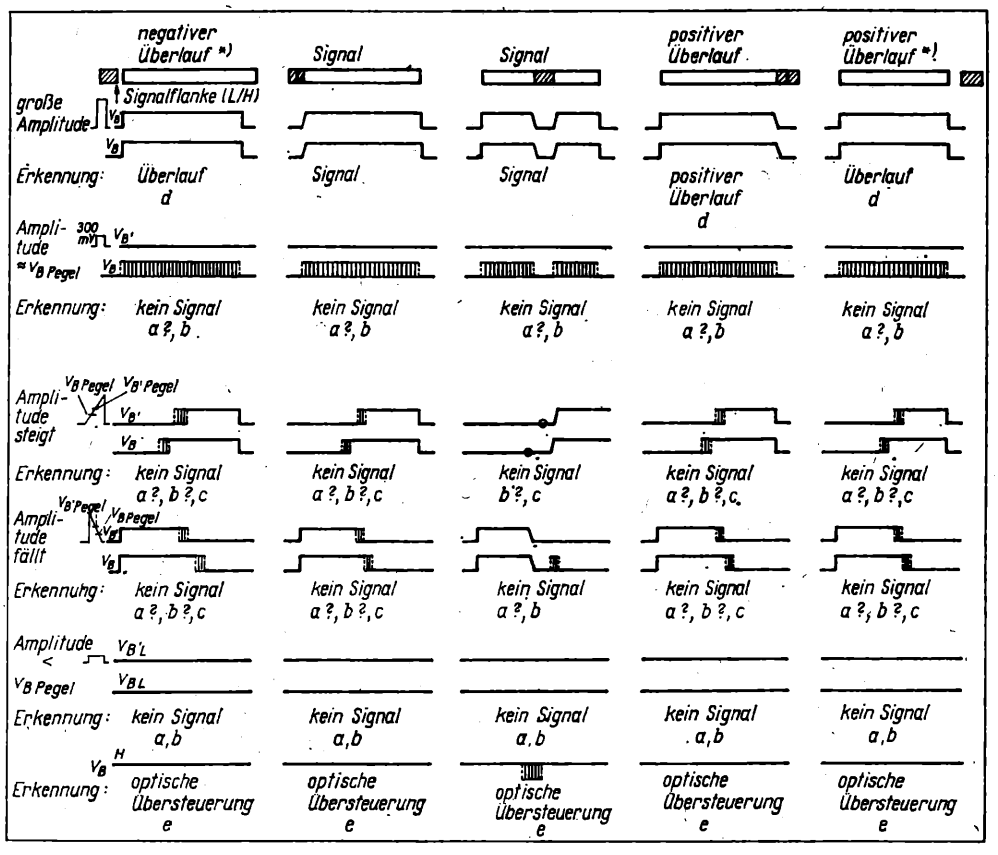


Bild 7. Fallunterscheidung bei Signalidentifikation

Für alle Fälle gilt: V'_B-Pegel $\approx$ 500 mV, V_B-Pegel $\approx$ 300 mV; die eventuell vorhandene L/H-Flanke am Bildanfang wird nicht gezählt; ⎍⎍: Es kann Flanken geben; Anzahl der Bildpunkte zwischen $V_{B'}$ und V_B etwa 50; *) positiver und negativer Überlauf nicht unterscheidbar
a eine L/H-Flanke in V_B; b eine L/H-Flanke in $V_{B'}$; c Abstand beider L/H-Flanken < 3 Bildpunkte; d m erste Bildpunkte sind High und keine L/H-Flanken in V_B, $m \geq 1$; e bei EOS-Signal V_B = High. Signal: a, b und c sind erfüllt.



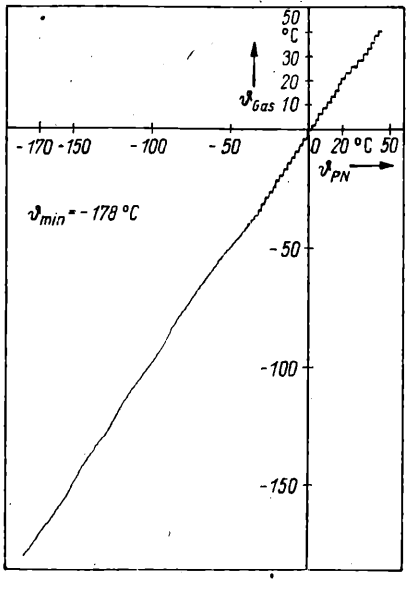


Bild 8. Linearisierte Kennlinie des Gasthermometers

Der Drehkörper mit den Gasthermometern rotiert mit n = = 2 min^{-1}. Dabei beträgt der Drehwinkel, in dem bei ordnungsgemäßer Justage der Anzeigekapillare eine eindeutige Signalerkennung möglich ist, $\pm$3,5°. Das entspricht bei der verwendeten Integrationszeit der CCD-Kamera von 6 ms einer Anzahl von etwa 100 Messungen [6]. Im Bereich der Grenzwinkel von 3,5° kommt es aufgrund der sich ändernden Amplitude des Analogsignals zu fehlerhaften binarisierten Signalen. Außerdem sind auch innerhalb des Drehwinkelbereiches von $\pm$3,5° Erkennungsfehler durch ungleichmäßig gezogene bzw. mit Glasfehlern behaftete Meßkapillaren, verschmutzte Kapillaroberflächen, fehlerhaft justierte Meßkapillaren und Störungen des optischen Weges möglich. Damit wird die Erkennung, ob es sich um ein Signal oder eine Störung handelt, zum Hauptproblem der Meßwertübernahme. Es entsteht die Notwendigkeit, Bedingungen für eine Signalerkennung zu definieren. Bild 7 zeigt, welche Zustände von der Signalidentifikationsschaltung unterschieden werden und wie diese für den Anwender optisch signalisiert werden. Die Zustandsentscheidung wird aus dem Signal V_B und dem in der Signalidentifikationsschaltung zusätzlich erzeugten binarisierten Signal V'_B gewonnen. Dabei liegen die Schwellspannungen V_B- und V'_B-Pegel bei 30% bzw.

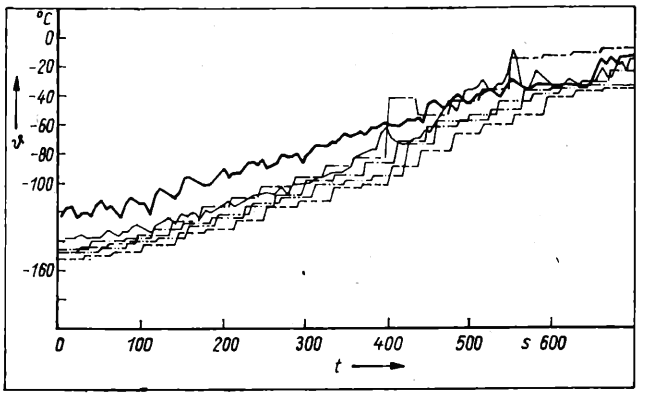


Bild 9. Aufzeichnung der Temperaturverläufe eines mit Mikrowellen erwärmten biologischen Objektes
6kanalige Temperaturmessung: – – – Gastherm 1; – ·· – Gastherm 2; - - - - - - Gastherm 3; – · – Gastherm 4; ——— Pyrometer 1; ——— Pyrometer 2

50 % des maximalen analogen Kameraausgangssignals V_A (≈ 1 V). Als Überlauf wird die Meßbereichsüberschreitung sowohl zu höheren als auch zu niederen Temperaturen erkannt. Die optische Übersteuerung deutet auf eine Fehlfunktion bei der Meßwertübertragung hin. Beide Zustände führen zur Ausgabe des Übersteuerungssignales $U_a \approx -2$ V des entsprechenden Kanals. Die Zuordnung der Meßwerte zu den entsprechenden Thermometern erfolgt durch eine Kanalkennungsschaltung, die ihre Information von einem optischen Kanalerkennungssystem erhält (7 und 8 im Bild 1).

4. Erprobung und Ergebnisse

Mit dem CCD-Miniaturgasthermometer wurden Messungen innerer Temperaturen an einer Vielzahl von Dielektrika und biologischen Geweben während der Erwärmung in Mikrowellenfeldern von 2,45 GHz bei Feldstärken von etwa 4 kV/m durchgeführt. Es traten weder bei den Gasthermometern noch in der Elektronik zusätzliche feldstärkeabhängige Fehler auf.
Bild 8 zeigt den typischen Verlauf der Kennlinie des CCD-Miniaturgasthermometers. Die Kennlinie läßt deutlich die einzelnen Linearisierungsstufen sowie deren unterschiedliche differenzielle Verstärkungen erkennen. Der maximale Quantisierungsfehler (im Temperaturbereich oberhalb 0 °C) ist kleiner als 2,5 K. Der absolute Fehler δ des Gerätes in den einzelnen Temperaturmeßspannen beträgt:

−196 °C ... −100 °C	$\delta \leqq 2{,}5$ K
−99 °C ... −50 °C	$\delta \leqq 3$ K
−49 °C ... 0 °C	$\delta \leqq 5$ K
0 °C ... +50 °C	$\delta \leqq 10$ K .

Die Gasthermometer haben eine Ansprechempfindlichkeit von maximal 2,5 K. Ihre dynamischen Eigenschaften sind mit einem T_{90}-Kennwert von 5 s günstig.
Bild 9 zeigt die Verläufe der Temperaturen an zwei Orten der Oberfläche (mit modifizierten Pyrometern gemessen, siehe [2] und [5]) und von 4 inneren Bereichen eines mit einem Mikrowellenwiedererwärmungsgerät erwärmten, kryokonservierten biologischen Objektes.

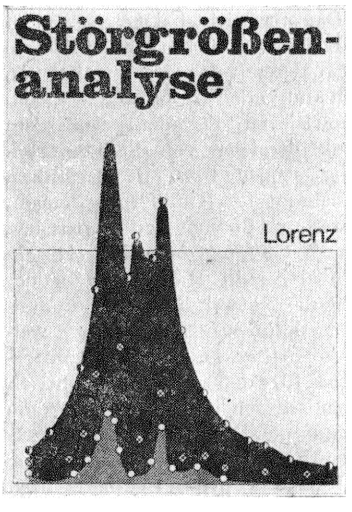
Zusammenfassung

Ein neues Miniaturgasthermometer mit einer berührungslosen optischen Meßwertübertragung mittels CCD-Kamera wurde entwickelt und zur Messung von Temperaturen bei der Wiedererwärmung von kryokonservierten Substanzen in starken Mikrowellenfeldern angewendet. Das Gerät kann multivalent genutzt werden. Es ermöglicht die Messung innerer Temperaturen, wenn elektromagnetische Felder elektrische Sensoren ausschließen und bietet sich bei langsam rotierenden (bewegten) Meßobjekten an. Das Thermometer ist für einen Meßbereich von −196 °C bis +50 °C ausgelegt, eine Modifizierung der Sensoren für höhere Temperaturen ist bei gleicher mechanischer und thermischer Stabilität leicht möglich. Zur Minimierung von Ablesefehlern der CCD-Kamera und zur Linearisierung von Thermometerkennlinie wurden Schaltungen entwickelt, die sich gegenüber mikrorechnergestützten Lösungen durch größere Regelgeschwindigkeit und niedrigere Kosten auszeichnen. Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik sind lediglich optische Sensoren annähernd in der Lage, ähnliche Temperaturmeßprobleme zu lösen [2] und [5], z. B. Sensoren, die die Temperaturabhängigkeit der Absorptionskantenverschiebung von Halbleiterkristallen [3] oder die der Dämpfung gekrümmter Lichtleiter durch Brechungsindexänderung [4] und [2] nutzen.

Literatur

[1] *Arndt, M.:* Entwicklung, Aufbau und Erprobung einer Temperaturmeßeinrichtung zur Ermittlung der Temperatur von biologischen Objekten, die durch Mikrowellen erwärmt werden. Diplomarbeit, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock 1985.
[2] *Lippe, H.-J.:* Eine Anordnung zur Wiedererwärmung gefrierkonservierter Gewebe und Organe. Dissertation A, Humboldt-Universität zu Berlin 1986.
[3] *Heinrich, H. H.; Hart, H.:* Lichtleiterkompatibles, optoelektronisches Temperaturmeßverfahren unter Verwendung des Effektes der Absorptionskantenverschiebung von Halbleitermaterialien. Tagungsband 67 der KDT Suhl zur Tagung „Temperatur '82", S. 257–263.
[4] *Willsch, R.; Schwotzer, G.; Haubenreißer, W.; Jahn, J. U.:* Faseroptische Sensoren für die Prozeßrefraktometrie und Temperaturmessung auf der Basis gekrümmter Lichtleitfasern. Sonderheft „Technisches Messen", Sept. 1986.
[5] *Lippe, H.-J.; Arndt, M.:* Temperaturmessung bei der Mikrowellenerwärmung kryokonservierter Nieren. medizintechnik (eingereicht).
[6] Beschreibung LK 3000. VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin 3/83.
[7] CCD-Bildsensortechnik. TH Ilmenau, KDT-Bezirksvorstand Suhl, 1985.

msr 8663



Dieses Buch vermittelt ein methodisches Konzept für die Erarbeitung der Aufgabenstellungen der Störgrößenanalyse und ihre Durchführung. Einen bedeutenden Umfang nehmen dabei Ausführungen zur Signalanalyse auf der Basis statistischer Kennfunktionen (Korrelationsfunktionen, Spektraldichten, ein- und zweidimensionale Verteilungen) ein. Grundsätzlich wird von der Realisierung der Algorithmen auf Mikro-, Prozeß- und Großrechnern ausgegangen. Großen Wert legt der Autor auf die Interpretation der Ergebnisse. Dazu wird eine Reihe neuer bzw. erweiterter Verfahren angeboten.

Von Doz. Dr. sc. techn. Gerald Lorenz. 152 Seiten, 61 Bilder, 21 Tafeln, Kunstleder, DDR 15,50 M, Ausland 22,— DM. Im Fachbuchhandel erhältlich. Bestellangaben: 553 4727/Lorenz, Störgrößen

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

G.-H. Geitner; H. Krug

Dynamische Störoptimierung elektrischer DDC-Antriebe

0. Einleitung

Aufgrund ihrer technischen Vorteile [5] können DDC-Antriebe besonders bei einer technologischen Kopplung mehrerer Motoren vorteilhaft eingesetzt werden. Dabei kann in Abhängigkeit von den eingesetzten Stell- und Meßgliedern sowie Motoren eine störoptimale Einstellung der Regler unter Berücksichtigung der abtastenden Arbeitsweise digitaler Regelkreise notwendig werden. Für den Entwurf auf endliche Einstellzeit (EEZ) mit störoptimalem Verhalten [1] und das in [4] vorgestellte Betragsoptimum für digitale Regler (BOD) werden Ansätze anwendungsorientiert aufbereitet. Simulierte Übergangsvorgänge von Regel- und Stellgröße ermöglichen einen Vergleich der beiden Optimierungsvorschläge. Die bei realisierten Regelungen zu lösenden Probleme der Begrenzung des Reglerausgangssignals und der Güte des Führungsverhaltens bei Einsatz eines störoptimalen Reglers werden berücksichtigt.

1. Störoptimierung von EEZ-Reglern

1.1. Regelkreisstruktur

Neben einer Reglerauslegung für Spezialfälle [2] kann ein allgemeinerer Ansatz angegeben werden. Ausgangspunkt hierfür sei ein Signalflußplan nach Bild 1a. Dem störoptimierten Regler G_R wird ein Filter G_{Fi} zur Manipulation des Führungsverhaltens vorgeschaltet. Vor dem Eingriff der Störgröße z soll prinzipiell das Vorhandensein eines Differenzengleichungsgliedes mit dem Nenner 1 zulässig sein. Es wird angenommen, daß die Störgröße über ein Abtasthalteglied auf die Regelstrecke einwirkt. Das ist für die weiteren Berechnungen zweckmäßig und erscheint wegen der bei elektrischen Antrieben relativ kleinen Abtastzeiten als zulässig.

Diese Randbedingungen ermöglichen eine Umformung in den Signalflußplan nach Bild 1b. Dabei kann Z_1 für einen geschlossenen unterlagerten digitalen Regelkreis stehen und der analoge Teil der Regelstrecke G_{S2} sich aus einer beliebigen Kombination von Verzögerungsgliedern, Totzeitgliedern und mittelwertbildenden Meßgliedern zusammensetzen. Alle weiteren Untersuchungen werden in dem für digitale Strukturen zweckmäßigen z-Bereich durchgeführt.

1.2. Regleroptimierungsansatz

Entsprechend Bild 1b berechnet sich die Störübertragungsfunktion zu

$$G_{sg}(z^{-1}) = \frac{-\frac{Z_2}{N_2}}{1 + Z_1 \cdot G_R \cdot \frac{Z_2}{N_2}} \cdot \frac{x(z^{-1})}{z(z^{-1})} \tag{1}$$

mit

$$\frac{Z_2}{N_2} = \mathfrak{Z}\left\{G_{S2} \cdot \frac{1}{p}\right\}(1 - z^{-1}) = \frac{\frac{n_0}{m_0}(1 + n_1 z^{-1} + n_2 z^{-2} + \ldots + n_l z^{-i_2})\, z^{-k_2}}{(1 + m_1 z^{-1} + m_2 z^{-2} + \ldots + m_j z^{-j_2})}$$

und der Ordnung des Polynoms $Z_1\,(i_1 + k_1)$, wobei $(k_1, k_2) \cdot T$ der jeweiligen Totzeit entspricht. ($\mathfrak{Z}\{F(p)\}$ bedeutet, daß die z-Transformierte der zu $F(p)$ gehörenden abgetasteten Zeitfunktion $f(t)$ zu bilden ist.)

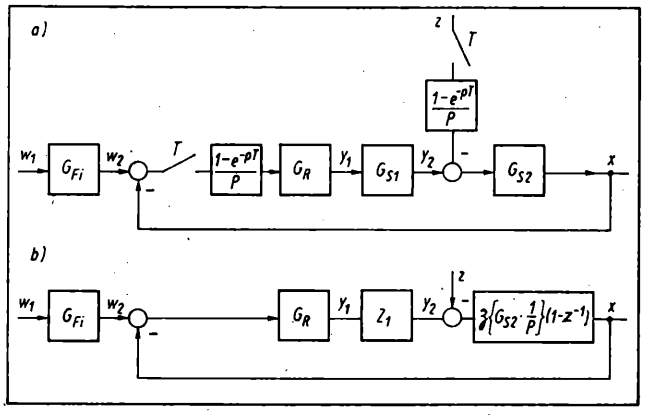


Bild 1. Signalflußplan zur EEZ-Störoptimierung

a) Voraussetzungen: Annahme einer abgetasteten Störgröße, G_{Fi}, G_R, G_{S1} sind Differenzengleichungsglieder, G_{S1} besteht nur aus Zählerpolynom; b) Umformung im z-Bereich

Aus der EEZ-Bedingung — der Verlauf der Regelgröße x ist durch ein endliches Polynom $P(z^{-1})$ beschreibbar — und der Annahme einer sprungförmigen Störgrößenänderung resultiert die Forderung

$$G_{sg}(z^{-1}) \stackrel{!}{=} (1 - z^{-1}) \cdot P(z^{-1}) . \tag{2}$$

Aus (1) und (2) folgt für den störoptimierten Regler

$$G_{RSt}(z^{-1}) = \frac{-(Z_2 + (1 - z^{-1}) \cdot P \cdot N_2)}{Z_1 \cdot Z_2 \cdot (1 - z^{-1}) \cdot P} = \frac{y_1(z^{-1})}{x_w(z^{-1})} . \tag{3}$$

Mit dem Ansatz $P(z^{-1}) = Z_2(z^{-1}) \cdot A(z^{-1})$, wobei $A(z^{-1})$ zunächst ein unbekanntes Polynom darstellt, und der Kenntnis, daß bei Störoptimierung $x_w(z^{-1}) = -P(z^{-1})$ gilt, ergibt sich für das Reglerausgangssignal y_1

$$y_1(z^{-1}) = \frac{1}{(1 - z^{-1})} \cdot \frac{1 + (1 - z^{-1}) \cdot A \cdot N_2}{Z_1} . \tag{4}$$

Nur wenn durch einen 2. Ansatz $1 + (1 - z^{-1}) \cdot A \cdot N_2 = B \cdot Z_1$ die zweite EEZ-Optimierungsbedingung — die Reglerausgangsgröße ist nach endlicher Zeit eingeschwungen, um nicht erfaßbare Schwingungen der Regelgröße zu verhindern — erfüllt ist, vereinfacht sich (4) zu

$$y_1(z^{-1}) = \frac{1}{(1 - z^{-1})} \cdot B(z^{-1}) . \tag{5}$$

Dabei ist $B(z^{-1})$ wieder ein zunächst unbekanntes Polynom. Unter Berücksichtigung der beiden Ansätze reduziert sich die Reglerübertragungsfunktion auf

$$G_{RSt}(z^{-1}) = \frac{-B(z^{-1})}{(1 - z^{-1}) \cdot Z_2 \cdot A(z^{-1})} = \frac{V_{RSt} \cdot (1 + d_1 z^{-1} + d_2 z^{-2} + \ldots)}{(1 - z^{-1}) \cdot (1 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \ldots)} . \tag{6}$$

Für die Polynome $A(z^{-1})$, $B(z^{-1})$ und $P(z^{-1})$ sowie ihre Ordnungen A, B und P lassen sich folgende Randbedingungen angeben:

- Wegen Ansatz 2 ($k_1 \geqq 1$) gilt bei Annahme minimalphasiger Regelstrecken $A(z^{-1}) = -(1 + a_1 z^{-1} + \ldots)$.
- Das Polynom $A(z^{-1})$ kann keine Totzeiten erzeugen, da $a_0 = 1$ ist. Diese Aufgabe muß $B(z^{-1})$ übernehmen, damit der Regler nach (6) bei $k_2 \geqq 1$ realisierbar ist. Es resultiert $B = k_2 + \Delta B$.
- Für die Ordnung P des Polynoms $P(z^{-1})$ und damit das Verhalten der Regelgröße folgt bei Annahme einer Störgrößenänderung zum Abtastzeitpunkt

$$P \geqq \underbrace{k_1 + k_2}_{\substack{\text{Wirkungs-}\\\text{verzöge-}\\\text{rung für}\\\text{Regler}}} + \underbrace{i_2 + k_2}_{\substack{\text{Ausre-}\\\text{gelzeit}\\\text{bei}\\\text{Sprung}}} + \underbrace{i_1}_{\substack{\text{Anzahl}\\\text{der}\\\text{Sprünge}\\\text{auf } G_{s2}}} - \underbrace{1}_{\substack{\text{wegen}\\ x_w \stackrel{!}{=} 0\\\text{im letz-}\\\text{ten Schritt}}} ,$$

$$\left.\begin{aligned} P &= k_1 + 2k_2 + i_2 + i_1 - 1 \quad \text{Minimalform} , \\ P &= k_1 + 2k_2 + i_2 + i_1 - 1 + \Delta m \quad \text{allgemein} . \end{aligned}\right\} \tag{7}$$

Dr.-Ing. *Gert-Helge Geitner* (33) studierte von 1972 bis 1977 an der Sektion Elektrotechnik der TU Dresden. Danach wissenschaftlicher Assistent am Bereich Elektrische Automatisierungstechnik dieser Sektion. 1981 Promotion A. 1982 bis 1983 Zusatzstudium am Leningrader Polytechnischen Institut.

Dr. sc. techn. *Hans Krug* (48) studierte von 1957 bis 1963 an der TH bzw. TU Dresden Elektrotechnik (Starkstromtechnik). 1963 bis 1966 wissenschaftlicher Assitent am Institut für elektrische Maschinen und Antriebe der TU Dresden. Ab 1966 wissenschaftlicher Oberassistent an der Sektion Elektrotechnik der TU Dresden. 1968 Promotion A, 1974 Promotion B. 1979 bis 1982 Gasttätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Vereinigten Institut für Kernforschung in Dubna/UdSSR. Seit 1985 am Zentralinstitut für Kernforschung der AdW in Rossendorf.

Tafel 1. Bestimmung der Koeffizienten des A-Polynoms als $a_\nu = f(K_s, \Delta m)$

Δm		$K_s = 1$	$K_s = 2$	$K_s = 3$
	0	0	$1 - m_1$	$1 - m_1$
	1	$\dfrac{m_2 - m_1}{1 - m_1}$	$1 - m_1$	$1 - m_1$
a_1	2	$\dfrac{(1 - m_1)(m_2 - m_1) - m_2}{(1 - m_1)^2 - (m_2 - m_1)}$	$1 - m_1$	– ($j = 1$: $1 - m_1$)
	3	$\dfrac{(1 - m_1)^2(m_2 - m_1) - (1 - m_1)m_2 - (m_2 - m_1)^2}{(1 - m_1)^2 - 2(1 - m_1)(m_2 - 1_1) + m_2}$	–	–
	0	0	0	$(1 - m_1)^2 - (m_2 - m_1)$
a_2	1	0	$\dfrac{(m_2 - m_1)a_1 - m_2}{1 - m_1}$	$(1 - m_1)^2 - (m_2 - m_1)$
	2	$\dfrac{(1 - m_1)(-m_2) + (m_2 - m_1)^2}{(1 - m_1)^2 - (m_2 - m_1)}$	$\dfrac{(1 - m_1)(m_2 - m_1) - m_2}{(1 - m_1)^2 - (m_2 - m_1)} a_1 - \dfrac{(1 - m_1)m_2}{(1 - m_1)^2 - (m_2 - m_1)}$	– ($j = 1$: $1 - m_1(1 - m_1)$)
	3	$\dfrac{(1 - m_1)(m_2 - m_1)^2 - (1 - m_1)^2 m_2 - (m_2 - m_1)m_2}{(1 - m_1)^2 - 2(1 - m_1)(m_2 - m_1) + m_2}$	–	–
	0	0	0	0
	1	0	0	$\dfrac{m_2 - m_1}{1 - m_1} a_2 - m_2$
a_2	2	0	$\dfrac{(m_2 - m_1)^2 - (1 - m_1)m_2}{(1 - m_1)^2 - (m_2 - m_1)} \times a_1 + m_2$	– ($j = 1$: $\dfrac{m_1^2 - m_1}{1 - m_1 + m_1^2} a_2$; $a_2 = \dfrac{m_1^2}{(1 - m_1 + m_1^2} a_2$)
	3	$\dfrac{(m_2 - m_1)^2 + m_2^2 - 2(1 - m_1)(m_2 - m_1)m_2}{(1 - m_1)^2 - 2(1 - m_1)(m_2 - m_1) + m_2}$	–	–

Bei suboptimaler Einstellung ist eine Stellgrößenreduzierung durch Gleichsetzen der ersten $\Delta m + 1$ Stellgrößen vorausgesetzt. Diese Tafel ist für $Z_s = 1$ gültig.

Aus (7) und den Ansätzen 1 bzw. 2 ergeben sich damit die Ordnungen:

$$A = k_1 + k_2 + i_1 - 1 + \Delta m\,, \tag{8a}$$

$$B = k_2 + j_2 + \Delta m\,. \tag{8b}$$

Der störoptimale Regler kann nun in 3 Schritten ermittelt werden:

1. Bestimmung der Ansatzordnungen nach (8a) und (8b)
2. Berechnung der Koeffizienten a_χ von $A(z^{-1})$ und B_χ von $B(z^{-1})$ aus dem durch Koeffizientenvergleich gewonnenen Gleichungssystem nach Ansatz 2 und bei Berücksichtigung von $a_0 = 1$ und $B_0 = \ldots = B_{k_2 - 1} = 0$.
3. Gewinnung der Reglerparameter d_χ und b_χ durch Koeffizientenvergleich entsprechend (6).

Als Anzahl der Anregelschritte dieses Reglers ergibt sich

$$m = k_1 + i_1 + 2k_2 + i_2 + \Delta m\,. \tag{9}$$

Liegt wegen $\Delta m > 1$ unter Punkt 2. ein überbestimmtes Gleichungssystem vor (suboptimale Einstellung), so können die zusätzlichen Freiheitsgrade unter Verwendung von (5) zur Stellgrößenreduzierung verwendet werden. In Analogie zur EEZ-Führungsoptimierung nach [2], (Teil 1) gelten dann:

$$y(0) = \ldots = y_1(\Delta m) = \text{konst.}$$

und

$$B_{k_2+1} = \ldots = B_{k_2+\Delta m} = 0 \quad \text{bei (mindestens)} \quad B_{k_2} \neq 0\,.$$

Die berechneten Koeffizienten können, falls $Z_1 = 1$ ist, mit

$$y_{1\text{stat}} = \lim_{z \to 1} (1 - z^{-1}) \cdot y_1(z^{-1}) = \lim_{z \to 1} B(z^{-1}) = B_0 + B_1 + \ldots + B_B \overset{!}{=} 1 \tag{10}$$

überprüft werden.

1.3. Filteroptimierungsansatz

Die Führungsübertragungsfunktion G_{Fg} nach Bild 1b berechnet sich bei einem störoptimierten Regler nach (6) zu

$$G_{Fg} = G_{F1} \cdot B \cdot Z_1 = \frac{x}{w_1}\,. \tag{11}$$

Tafel 2. Bestimmung der Koeffizienten des A- und B-Polynoms für $Z_1 = V_1 \cdot z^{-1} \cdot (1 + g_1 z^{-1})$ und $\Delta m = 0$

i_1	K_s	a_1	a_2
0	1	0	0
	2	$(1 - m_1)^2 - (m_2 - m_1)$	0
1	1	$g_1 \dfrac{g_1^2[(1 - m_1)^2 - (m_2 - m_1) + g_1((1 - m_1)(m_2 - m_1) + m_2) - m_2(1 - m_1)}{[g_1^2 + g_1^2(1 - m_1) + g_1(m_2 - m_1) - m_2]}$	0
	2	$(1 - m_1)^2 - (m_2 - m_1)$	$g_1 \dfrac{g_1^2[(1 - m_1)^2 - 2(m_2 - m_1)(1 - m_1) - m_2]}{[g_1^2 + (1 - m_1)g_1^2 + \ldots} \ldots$ $\ldots \dfrac{+ g_1((m_2 - m_1)(1 - m_1)^2 - (m_2 - m_1)^2 + \ldots}{\ldots} \ldots$ $\ldots \dfrac{+ m_2(1 - m_1)) + m_2((m_2 - m_1) - (1 - m_1)^2)}{\ldots + g_1(m_2 - m_1) - m_2]}$

Für diese Tafel gilt allgemein: $B_0 = 0$, $a_0 = 1$, $a_1 = 1 - m_1$.

Im Falle einer EEZ-Führungsoptimierung nach [2] wird der vorliegenden Regelstrecke

$$G_s(z^{-1}) = Z_1 \cdot \frac{Z_2}{N_2} \tag{12}$$

entsprechend der geschlossene Kreis durch:

$$G_{Fg}^{*} = \sum_{\nu=0}^{\Delta m_{F\ddot{u}}} a_{F\ddot{u}\nu} \cdot z^{-\nu} \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot V_{RF\ddot{u}} = \frac{x}{w_1} \tag{13}$$

beschrieben. Gleichsetzen von (11) und (13) liefert die gesuchte Filterübertragungsfunktion

$$G_{Fl} = \frac{\sum_{\nu=0}^{\Delta m_{F\ddot{u}}} a_{F\ddot{u}\nu} z^{-\nu} \cdot Z_2 \cdot V_{RF\ddot{u}}}{B} = \frac{w_2}{w_1} = \\ = \frac{V_{Fl}(1 + df_1 z^{-1} + \ldots)}{(1 + bf_1 z^{-1} + \ldots)} \tag{13}$$

mit

$$V_{Fl} = \frac{V_{RF\ddot{u}}}{B_{k_2}} \cdot \frac{n_0}{m_0} .$$

Diese Funktion ist realisierbar, da $B(z^{-1})$ und $Z_2(z^{-1})$ die gleiche Totzeit $k_2 \cdot T$ aufweisen. Eine suboptimale Einstellung des störoptimalen Reglers wird durch $B(z^{-1})$ berücksichtigt. Suboptimales Führungsverhalten kann durch $\Delta m_{F\ddot{u}} \neq 0$ erreicht werden. Die führungsoptimale Reglerverstärkung $V_{RF\ddot{u}}$ sowie die Werte $a_{F\ddot{u}\nu}$ sind entsprechend [3] zu bestimmen. Dabei ist zu beachten, daß die theoretisch durch (25a) in [3] und [10] erfüllte Bedingung $w_1 = w_2$ für $t \to \infty$ durch die programmtechnische Realisierung der Filterkoeffizienten einschließlich Rundung erfüllt wird.

1.4. Bemessung für wichtige Regelstrecken elektrischer Antriebe

Für diesen Anwendungsfall sind folgende Einschränkungen von praktischem Interesse:

$$\Delta m \leqq 3 , \quad 1 \leqq k_2 \leqq 3 , \quad j_2 \leqq 2 , \quad i_2 \leqq (4 \ldots 8) .$$

Die relativ hohe zulässige Grenze für i_2 kann sich bei einer Streckenmodellbildung durch Differenzengleichungen auf der Grundlage von Übergangsvorgängen als vorteilhaft erweisen.

Fall 1: $Z_1(z^{-1}) = 1$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \\ B_6 \\ B_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ m_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ m_2 & m_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & m_1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_2 & m_1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_2 & m_1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_2 & m_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ a_1 - 1 \\ a_2 - a_1 \\ a_3 - a_2 \\ a_4 - a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} \tag{15}$$

Die dazugehörigen Werte a_ν, die einerseits wegen der im Polynom $B(z^{-1})$ enthaltenen Totzeit $k_2 \cdot T$ die Ordnungsgleichheit im Ansatz 2 gewährleisten müssen und andererseits suboptimale Reglereinstellungen ermöglichen, sind Tafel 1 zu entnehmen.

Fall 2: $Z_1(z^{-1}) = V_1 \cdot z^{-1} \cdot (1 + g_1 z^{-1})$

Mit weitergehenden Einschränkungen $\Delta m = 0$ und $1 \leqq k_2 \leqq 2$ können die Koeffizienten a_ν und B_ν Tafel 2 entnommen werden. Damit besteht z. B. die Möglichkeit, unterlagerte geschlossene digitale Regelkreise, die sich vor der Störgrößenmischstelle befinden, zu berücksichtigen. Im Vergleich zu (10) gilt nun

$$\Sigma B \cdot \Sigma g \stackrel{!}{=} 1 \tag{16}$$

als Überprüfungsbedingung nach der Optimierung.

Unabhängig von $Z_1(z^{-1})$ ergeben sich die Parameter des Reglers entsprechend (6) zu

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \\ b_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ n_2 & n_1 & 1 & 0 & 0 \\ n_3 & n_2 & n_1 & 1 & 0 \\ n_4 & n_3 & n_2 & n_1 & 1 \\ n_5 & n_4 & n_3 & n_2 & n_1 \\ n_6 & n_5 & n_4 & n_3 & n_2 \\ n_7 & n_6 & n_5 & n_4 & n_3 \\ n_8 & n_7 & n_6 & n_5 & n_4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} = N \cdot A \tag{17a}$$

gültig für $i \leqq (8 - A)$ mit $A \leqq 4$,

$$d_x = \frac{B_{k2} + x}{B_{k2}} \quad \text{gültig für} \quad (k_2 + x) \leqq 8 \quad \text{mit} \quad x \geqq 0 , \tag{17b}$$

$$V_{RSt} = \frac{m_0}{n_0} \cdot \frac{1}{V_1} \cdot B_{k2} . \tag{17c}$$

Die Filterparameter folgen bei gleichen Einschränkungen aus

$$\begin{pmatrix} d_{f1} \\ \vdots \\ d_{f8} \end{pmatrix} = N \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ a_{F\ddot{u}1} \\ \vdots \\ a_{F\ddot{u}4} \end{pmatrix} , \tag{18a}$$

$$bf_x = d_x , \tag{18b}$$

$$V_{Fl} = \frac{V_{RF\ddot{u}}}{B_{k2}} \frac{n_0}{m_0} . \tag{18c}$$

Wie vom Betragsoptimum [4] bekannt, ist das Zählerpolynom des störoptimierten Reglers gleich dem Nennerpolynom des Filters.

2. Störoptimierung von BOD-Reglern

2.1. Ausgangsgleichungen

In [4] ist, ausgehend von der Führungsübertragungsfunktion des geschlossenen Kreises G_{Fg} einschließlich eines Filters

$$G_{Fg} = \frac{x}{w_1} = G_{Fl} \cdot \frac{G_R \cdot \mathfrak{Z}\left\{G_{S2} \cdot \frac{1}{p}\right\}(1 - z^{-1})}{1 + G_R \cdot \mathfrak{Z}\left\{G_{S2} \cdot \frac{1}{p}\right\}(1 - z^{-1})} = \\ = \frac{a_n z^{-n} + a_{n-1} z^{-(n-1)} + \ldots + a_0}{b_m z^{-m} + b_{m-1} z^{-(m-1)} + \ldots + b_0} , \tag{19}$$

folgender BOD-Optimierungsansatz angegeben:

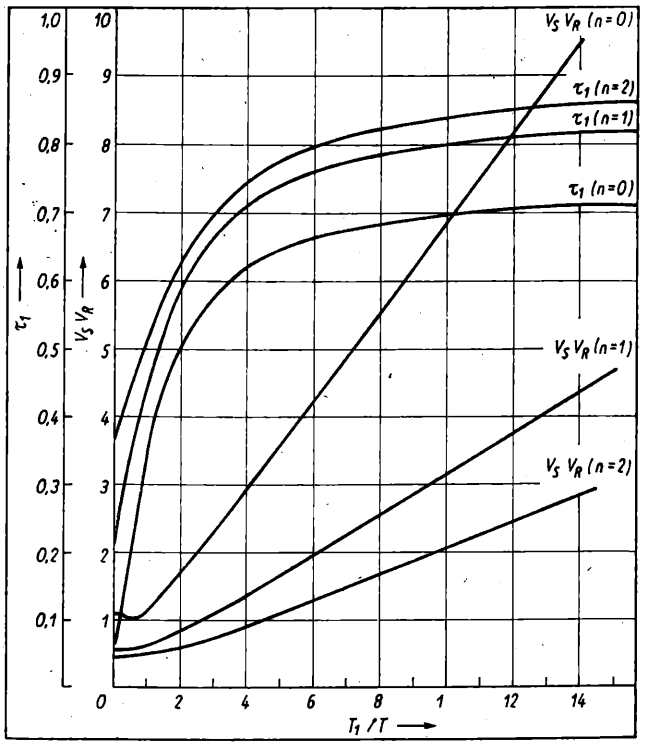
$$\sum_{i=1}^{n} i^{(2k)} \left(\sum_{j=0}^{n-i} a_j \cdot a_{j+i}\right) = \sum_{i=1}^{m} i^{(2k)} \left(\sum_{j=0}^{m-i} b_j \cdot b_{j+i}\right) . \tag{20}$$

Entsprechend der im Bild 1 vorgegebenen Regelstruktur wurden für den praktisch wichtigen Spezialfall

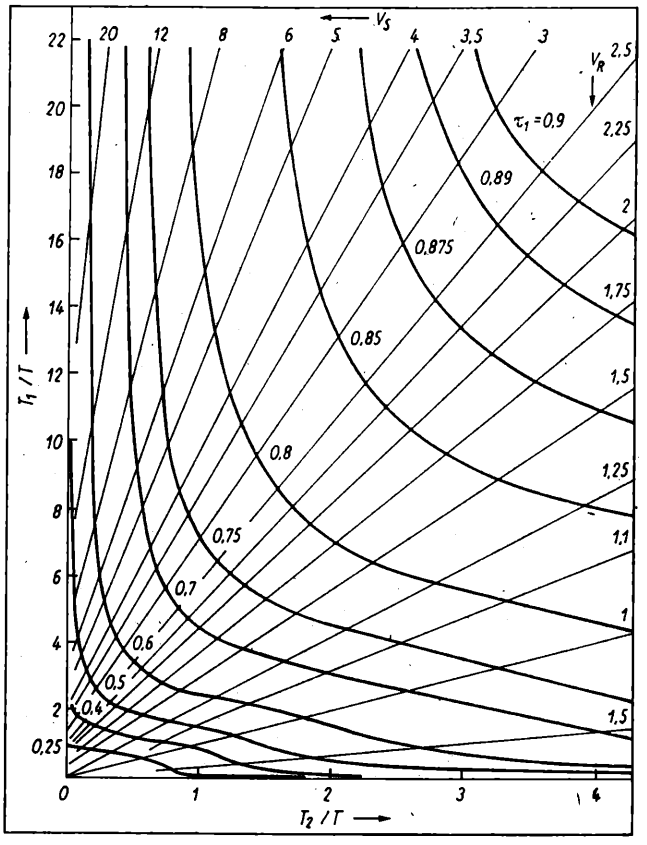
$$Z_1 = 1 , \quad G_{Fl} = \frac{(1 - \tau_1)}{(1 - \tau_1 z^{-1})}$$

Tafel 2. Fortsetzung

B_1	B_3	B_3	B_4
$(1-m_1)^3 - (m_2-m_1)$	$m_2 - (1 - m_1)(m_2 - m_1)$	$m_2(1 - m_1)$	0
0	$m_2 - 2(1 - m_1)(m_2 - m_1) + (1 - m_1)^3$	$m_2(1 - m_1) + (m_2 - m_1)^2 - (1 - m_1)^2 (m_2 - m_1)$	$(1 - m_1)^2 m_2 - (m_2 - m_1) m_2$
$(1 - m_1)^2 - a_2 - (m_2 - m_1)$	$\frac{1}{g_1}\left[a_2\left(\frac{m_2}{g_1} - (m_2 - m_1)\right) - (1 - m_1) m_2\right]$	$-a_2 \frac{m_2}{g_1}$	0
0	$(1 - m_1)^3 - 2(m_2 - m_1)(1 - m_1) - m_2 - a_2$	$\frac{1}{g_1}\left[a_2 \frac{m_2}{g_1} - (m_2 - m_1)\right) - (1 - m_1)^2 m_2 + (m_2 - m_1) m_2\right]$	$-a_2 \frac{m_2}{g_1}$



2



3

und

$$G_R = \frac{V_R \cdot (1 - \tau_1 z^{-1})}{(1 - z^{-1})}$$

geschlossene Lösungen für die Reglerparameter V_R und τ_1 abgeleitet. Der sich aus der Bedingung $w_1 = w_2$ für $t \to \infty$ ergebende Zusammenhang von Filterverstärkung und Filterzeitkonstanten ist die Ursache dafür, daß ein für die BOD-Störoptimierung geeigneter Regler mindestens 2 freie Parameter haben muß ($k \geqq 2$ in (20)).

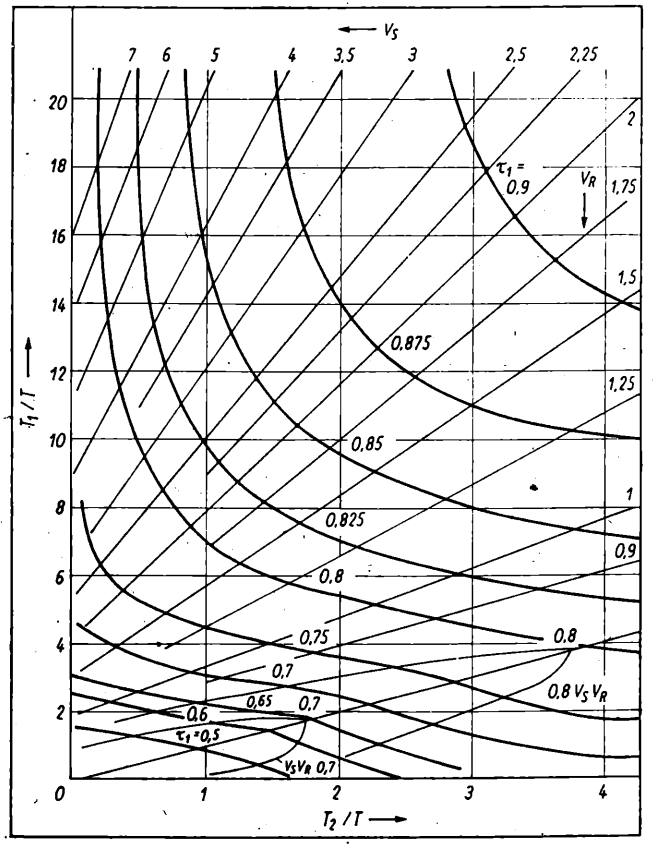
Bild 2. Nomogramm zur BOD-Störoptimierung einer Regelstrecke nach (21b)

Bild 3. Nomogramm zur BOD-Störoptimierung einer Regelstrecke nach (21a) für $n = 0$

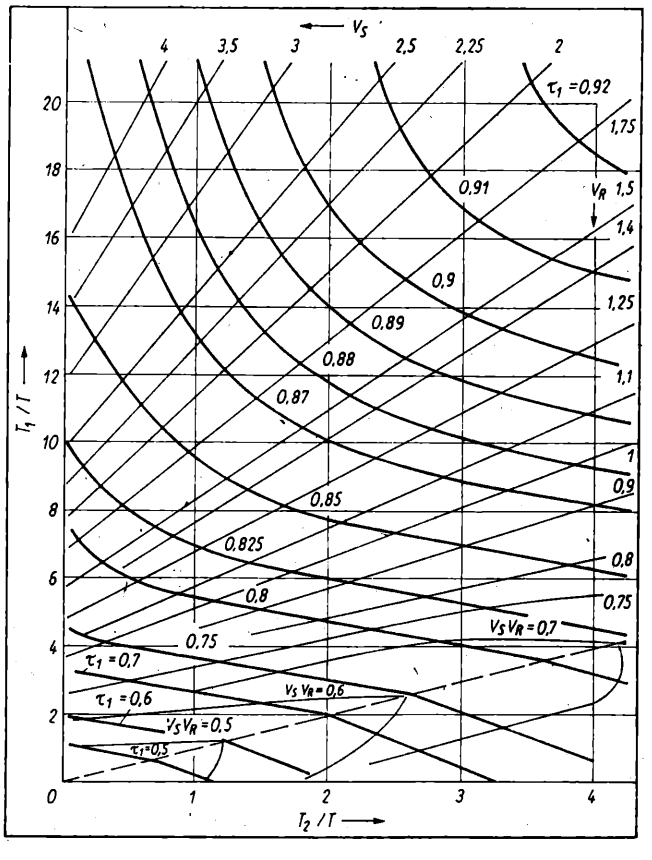
Bild 4. Nomogramm zur BOD-Störoptimierung einer Regelstrecke nach (21a) für $n = 1$

Bild 5. Nomogramm zur BOD-Störoptimierung einer Regelstrecke nach (21a) für $n = 2$

4



5



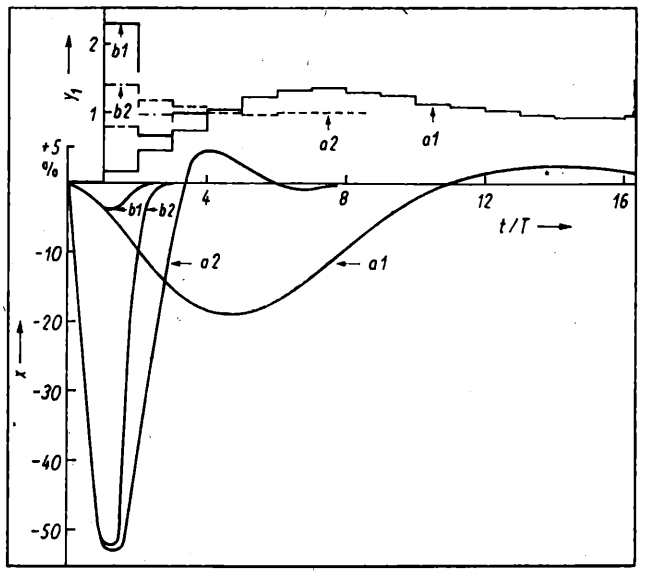
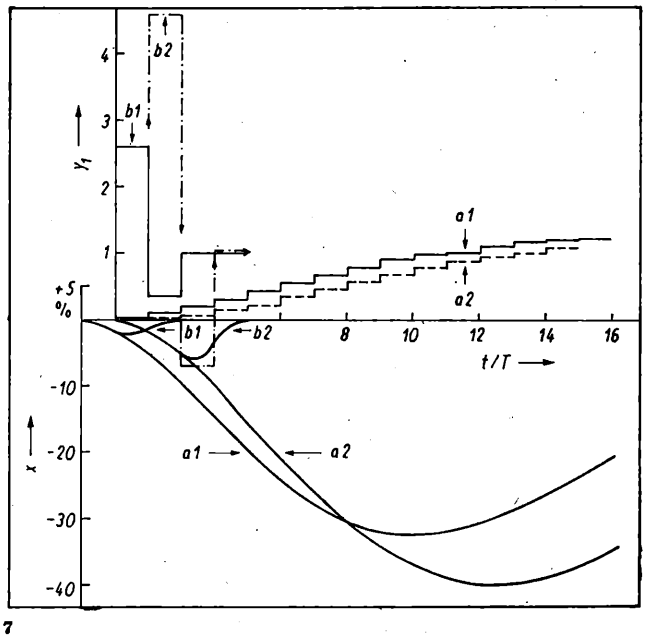
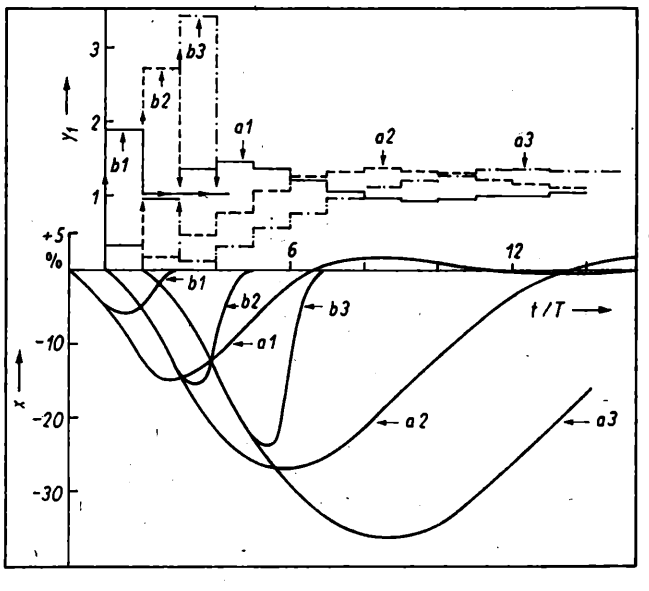


Bild 6. Simulierte Stellgrößen- und Regelgrößenverläufe bei Variation der Streckenzeitkonstante von (21a)

a: Störoptimierung nach BOD; *b*: Störoptimierung nach EEZ
1: $T/T_s = 0{,}1$; *2*: $T/T_s = 4$; $T/T_1 = 1$



7



8

2.2. *Nomogramme*

Die in [4] mit (20) abgeleiteten geschlossenen Lösungen sind kompliziert und unhandlich und damit für die praktische Anwendung ungünstig. Deshalb wurden für 2 typische Regelstrecken elektrischer Antriebe mit diesen Ergebnissen Nomogramme berechnet. Nach Bild 1 gelten für

Strecke 1:

$$G_{S2} = \frac{V_S \cdot e^{-pnT}}{(1 + pT_1)(1 + pT_2)} \tag{21a}$$

Strecke 2:

$$G_{S2} = \frac{V_S\, e^{-pnT} \cdot (1 - e^{-pT})}{(1 + pT_1)\, pT} . \tag{21b}$$

Diese Übertragungsfunktionen entsprechen Strecken mit 2 Verzögerungsgliedern und Halte- oder Mittelwertmeßglied bzw. einem Verzögerungsglied mit Halte- und Mittelwertmeßglied. Bild 2 enthält das Nomogramm für die störoptimale Anpassung eines digitalen PI-Reglers an die Regelstrecke nach (21b) für die praktisch interessierenden Fälle $0 \leqq n \leqq 2$. Entsprechende Nomogramme für die Strecke nach (21a) zeigen die Bilder 3 bis 5. Die gegenüber einer exakten mathematischen Berechnung auftretenden Ungenauigkeiten können vernachlässigt werden. Für die dem folgenden Abschnitt zugrunde liegenden Reglereinstellungen fanden die vorgestellten Nomogramme Anwendung.

Bild 7. Simulierte Stellgrößen- und Regelgrößenverläufe bei Variation der Totzeit von (21a)

a, *b* wie im Bild 6; *1*: $K_s = 1$; *2*: $K_s = 2$; $T/T_1 = 1/3$; $T/T_s = 0{,}1$

Bild 8. Simulierte Stellgrößen- und Regelgrößenverläufe bei Variation der Totzeit von (21b)

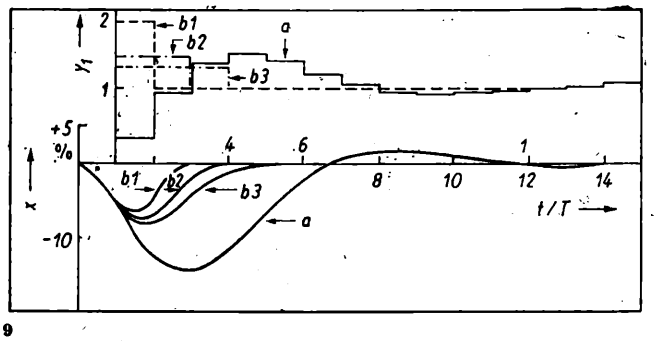
a, *b* wie im Bild 6; *1*: $K_s = 1$; *2*: $K_s = 2$; *3*: $K_s = 3$; $T/T_1 = 0{,}1$

Bild 9. Simulierte Stellgrößen- und Regelgrößenverläufe bei Variation von Δm für (21b)

1: $\Delta m = 0$; *2*: $\Delta m = 1$; *3*: $\Delta m = 2$; $T/T_1 = 0{,}1$; $K_s = 1$

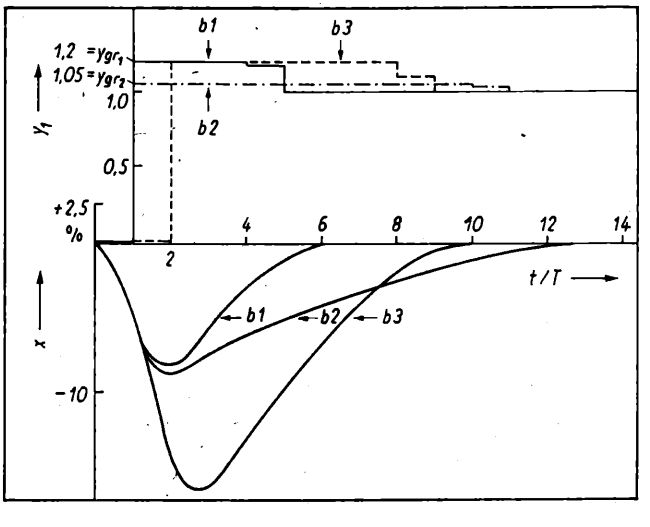
Bild 10. Simulierte Stellgrößen- und Regelgrößenverläufe bei Begrenzung des Reglerausgangs y_1 für (21b)

b1: $K_s = 1$, y_{gr1}; *b2*: $K_s = 1$, y_{gr2}; *b3*: $K_s = 2$, y_{gr1}; $T/T_1 = 0{,}1$



9

10



Tafel 3. Vergleich möglicher Begrenzungsverrechnungen ($T/T_1 = 0{,}1$) bei EEZ-Störoptimierung

Variante	A		B		C		D	
y_{gr}	1,5		1,2		1,5		1,2	
y_1; x	1,905 → 1,5	−0,048	1,905 → 1,2	−0.048	1,905 → 1,5	−0,048	1,905 → 1,2	−0,048
	2,031 → 1,5	−0,066	2,319 → 1,2	−0,081	1,771 → 1,5	−0,066	1,703 → 1,2	−0,047
	0,964	−0,012	1,820 → 1,2	−0,054	1,15	−0,012	1,064	−0,017
	0,842	0,01	1,367 → 1,2	−0,030	0,755	0,019	1	−0,003
	1,153	0	0,958	−0,008	1	0,013	1	0
	0,852	0	1,041	0	1	0	1	0
	1,143	0	0,960	0	1	0	1	0
	0,861	0	1,038	0	1	0	1	0
	1,134	0	0,963	0	1	0	1	0
	0,870	0	1,036	0	1	0	1	0
Auswertung:								
Stellgröße	alternierend		alternierend		–		–	
Regelgröße	überschwingend		–		überschwingend		–	

3. Überprüfung der theoretischen Ergebnisse durch Lösung der zugehörigen Differenzengleichungen

Anhand von simulierten Störübergangsfunktionen für y_1 und x soll das Verhalten von Regelkreisen bei BOD- und EEZ-Störoptimierung verdeutlicht werden. Als Beispiel werden die beiden Regelstrecken (21a) und (21b) verwendet. Entsprechend Bild 1 sollen $V_S = 1$, $Z_1 = 1$, $T = 6$ ms und $k_2 = 1 + n$ gelten.

Die zu diskreten Zeitpunkten berechneten Funktionswerte wurden wegen der besseren Anschaulichkeit durch geschlossene Kurvenzüge verbunden. Allen nachfolgenden Berechnungsbeispielen liegen ein stationärer Ausgangszustand $y_1 = x = z = 0$ und eine Störgrößenänderung $\Delta z = 1$ für $t = 0$ zugrunde. Bild 6 zeigt Sprungantworten der Regelstrecke nach (21a) bei Variation einer Zeitkonstante. Es ist ersichtlich, daß auch der praktisch selten auftretende Fall $a2/b2$ noch beherrscht wird. Simulierte Verläufe bei Variation der Totzeit enthalten die Bilder 7 und 8. Bild 8 gilt für die Regelstrecke nach (21b). Da der Regler auf Informationen aus dem Prozeß angewiesen ist, müssen sich bei größerem k_2 folgerichtig Anregelzeit und „Unterschwingweite" merklich vergrößern. Der Einfluß zusätzlich vorgegebener Anregelschritte geht aus Bild 9 hervor. Es wird deutlich, daß EEZ-Regler in Abhängigkeit von den Streckenzeitkonstanten bereits mit 1 oder 2 Zusatzanregelschritten in die Größenordnung der Stellamplituden von BOD-Reglern kommen. Trotz dieser Reduzierung der Stellgröße muß praktisch immer eine Begrenzung der Stellgröße und/oder ihres Zuwachses berücksichtigt werden. Bild 10 beweist, daß bei entsprechender Verrechnung der nicht realisierten Stellgröße gleichfalls optimale Übergangsvorgänge erreichbar sind.

Ausgehend von der Differenzengleichung des digitalen Reglers:

$$y(n) = -b_1 y(n-1) - b_2 y(n-2) - \ldots + S(n) + x_w^*(n)$$

mit

$$x_w^*(n) = V_R \cdot x_w(n)$$

und

$$S(n) = S(n-1) + (1 + d_1)\, x_w(n-1) - d_2 x_w(n-1) + \ldots$$

wurden mögliche Varianten zur Begrenzungsverrechnung bei EEZ-Störoptimierung in Tafel 3 zusammengestellt und für die Strecke nach (21b) simuliert. Variante A entspricht einer Begrenzungsverrechnung nach [3] bei Führungsoptimierung und weist beide Nachteile — alternierende Stellgröße (also Schwingungen der Regelgröße zwischen den Abtastzeitpunkten) und bereits theoretisch überschwingende Regelgrößen auf:

$$x_w(n) \cdot V_R := x_w(n) \cdot V_R + y_{gr} - y(n),$$
$$y(n) := y_{gr}.$$

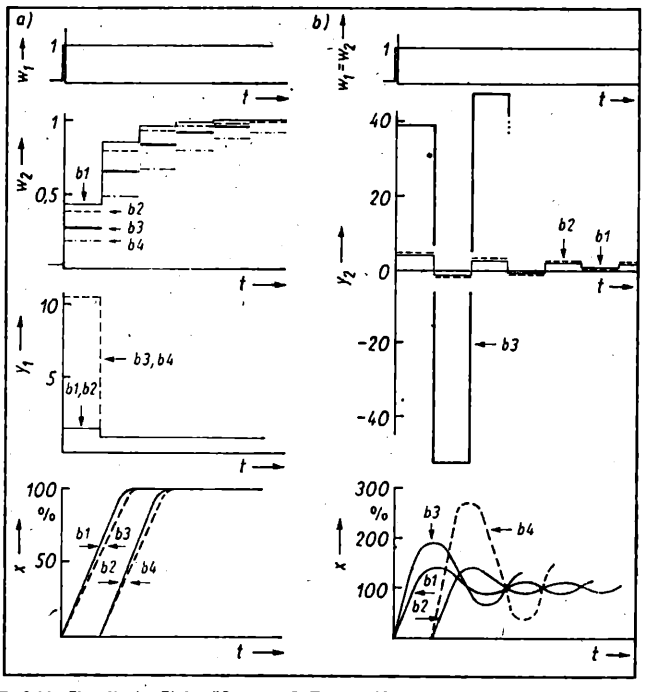


Bild 11. Simulierte Stellgrößen- und Regelgrößenverläufe bei Störoptimierung und Führungsgrößenänderung für (21b)

a) mit Filter; b) ohne Filter

b1: $K_s = 1$, $T/T_1 = 1$; *b2*: $K_s = 2$, $T/T_1 = 1$; *b3*: $K_s = 1$, $T/T_1 = 0{,}1$; *b4*: $K_s = 2$, $T/T_1 = 0{,}1$

Bei Variante B wurde statt $x_w(n)$ der Integrator $S(n)$ korrigiert:

$$S(n) := S(n) + y_{gr} - y(n), \qquad y(n) := y_{gr}.$$

Variante C realisiert eine Ausgabe von y_{gr} ohne reglerinterne Veränderungen. Es gilt nur $y(n)_{Extern} := y_{gr}$.

Durch eine speziell an die Störoptimierung angepaßte Verrechnung von $(y_{gr} - y(n))$ nach Variante D über eine Rückrechnung mittels der Strecke können beide Nachteile vermieden werden. Bei BOD-Optimierung bringt Variante A ausreichend gute Ergebnisse.

Tafel 4 veranschaulicht den Einfluß der Dauer T_z der Störung auf den Übergangsvorgang. Ist T_z kleiner als die Anregelzeit,

(Fortsetzung auf S. 17)

Tafel 4. Einfluß der Störungszeitdauer ($\Delta z = 1$) auf den Ausregelvorgang ($T/T_1 = 0{,}1$)

Dauer der Störung	1 Takt		2 Takte		3 Takte				
z, y_1, x	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1,905	−0,048	1	1,905	−0,048	1	1,905	−0,048
	0	−0,905	0,002	1	1	−0,047	1	1	−0,047
	0	0	0,047	0	−0,905	0,048	1	1	0
	0	0	0	0	0	0,047	0	−0,905	0,048
	0	0	0	0	0	0	0	0	0,047
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0

G. Viehweger

Effektivität der Automatisierung von Produktionsanlagen

0. Einleitung

Die Umsetzung neuer wissenschaftlich-technischer Erkenntnisse in die produktive Nutzung ist aus ökonomischer Sicht mit der generellen Forderung verknüpft, durch Wissenschaft Effektivität zu gewinnen. Das gilt in besonderem Maße für die Automatisierung von Produktionsanlagen auf Basis der Mikroelektronik. Durch sie wird ein hohes Effektivitätspotential erschlossen, das alle bisherigen Maßnahmen der Modernisierung und Rationalisierung übertrifft.

Grundanliegen der Methoden der Effektivitätsberechnungen ist es, den Potentialzuwachs quantitativ zu erfassen und in ökonomischen Kennzahlen auszudrücken. Diese Berechnungen gewinnen auch deshalb an Gewicht, da die Automatisierung in vielen Fällen mit einem hohen einmaligen Aufwand verbunden ist, der in realem Verhältnis zum erzielbaren Nutzen zu stehen hat, diese Beziehung Grundlage der Bewertung von Automatisierungsstrategien und Automatisierungsprojekten ist und letztlich mit den korrespondierenden Kennzahlen vorhabenbezogen in die betriebliche Planung nachweispflichtig einzugehen hat. Daraus resultiert auch die Pflicht, derartige Berechnungen mit einer hohen Treffsicherheit durchzuführen.

Diese betrieblich wie volkswirtschaftlich relevante Aufgabenstellung kann jedoch nur bei Kenntnis und Anwendung des für die Effektivitätsberechnungen verfügbaren Instrumentariums gelöst werden.

1. Grundsätze der Effektivitätsermittlung

Wenn auch allgemeine einheitliche Grundsätze für die Berechnung der Effektivität von Automatisierungsmaßnahmen für Produktionsanlagen gelten, so ist speziell den technischen Besonderheiten der Fertigungsprozesse Rechnung zu tragen. Unter diesem Aspekt sind zu unterscheiden:

- *Funktionserfüllende Automatisierung*
  Sie wird häufig auch als Basisautomatisierung bezeichnet [1]. Sie ist unentbehrlich für den Betrieb einer Produktionsanlage, für die Erfüllung ihrer Funktion und ist ein Spezifikum der Einzweckautomatisierung von Anlagen, in denen kontinuierliche Prozesse unter extremen Prozeßbedingungen betrieben werden. Sie ist damit integrierter Bestandteil der Prozeßautomatisierung und dient der Prozeßführung und -stabilisierung.
- *Funktionsverbessernde Automatisierung*
  Sie hat i. allg. das Ziel, die Leistung einer Produktionsanlage zu erhöhen und dient der Prozeßoptimierung. Diese, aus der Prozeßautomatisierung stammende Begriffsbestimmung kann deshalb nicht nur für die Automatisierung kontinuierlicher Prozesse, sondern auch für die Automatisierung diskontinuierlicher Prozesse im Rahmen der flexiblen Automatisierung, auch als Fertigungsautomatisierung bezeichnet, in Anspruch genommen werden. Durch die flexible Automatisierung wird das umfangreiche Potential der Klein- und Mittelserienfertigung der Automatisierung zugänglich gemacht, wird letztlich die Leistung der Einzelarbeitsmittel erhöht. Das wird wiederum durch den automatisierungsbedingt zunehmenden Anlagencharakter in diesen Fertigungsprozessen begünstigt.

Für die Ermittlung der Effektivität der Automatisierung von Produktionsanlagen gelten die folgenden Verfahrensschritte [2]:

- *Vorgabe von Effektivitätszielen als Ausgangspunkt für die Gestaltung von Automatisierungslösungen*
  Im einzelnen ist anzugeben, welchen ökonomischen Zielstellungen, ausgedrückt in entsprechenden Kennzahlen, die zu erarbeitende Automatisierungsmaßnahme dienen soll, z. B. der Erhöhung der Zuverlässigkeit, der Produktionserhöhung, der Einsparung von Arbeitskräften. Grundlage für diese Vorgaben ist eine Niveauanalyse des Istzustandes der zu automatisierenden Produktionsanlage, die damit gleichzeitig als Vergleichsbasis für die Ermittlung des Effektivitätszuwachses dient.
- *Konzipierung von möglichen Automatisierungslösungen als Varianten*
  Die Untersuchung von Varianten ist notwendig, um die aus Effektivitätssicht beste Lösung zu finden, die mit dem geringsten Aufwand an vergegenständlichter und lebendiger Arbeit die vorgegebenen Zielstellungen erfüllt. Bedingung ist dabei, die unmittelbare Vergleichbarkeit der Varianten zu sichern.
- *Berechnung des einmaligen und laufenden Aufwandes sowie des zu erwartenden ökonomischen Nutzens für jede Variante*
  Dabei ist zu beachten, daß Aufwand und Ergebnis nicht nur für die zu automatisierende Produktionsanlage einzubeziehen sind, sondern sich auch analoge Wirkungen in vor- und nachgelagerten Anlagen sowie außerhalb des Betriebes zeigen können. Diese gilt es mit zu erfassen, um eine komplexe Beurteilung der Effektivität einer Automatisierungsmaßnahme vornehmen zu können. In vielen Fällen sind vor allem die Ergebnisse in den Folgeanlagen größer als in der zu automatisierenden Anlage. Bild 1 zeigt das Grundprinzip dieser Wirkungsketten.

Prof. Dr. sc. oec. *Gerhard Viehweger* (54) studierte von 1951 bis 1955 Ingenieurökonomie an der TH Dresden. Nach einjähriger Assistentenzeit an der TH Dresden von 1956 bis 1970 im VEB Ingenieurtechnisches Zentralbüro Böhlen auf dem Gebiet der ökonomischen Begutachtung von Investitionsvorhaben des Industriezweiges Mineralöle tätig. 1970 Promotion A an der TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg. 1971 Berufung zum Hochschuldozenten an die Ingenieurhochschule Leipzig, 1978 Promotion B zu Problemen der Effektivität der Automatisierung. 1979 Berufung zum o. Professor an die TH Leipzig. Seit 1983 1. Prorektor an der TH Leipzig. Schwerpunkte seiner Arbeit sind die Berechnung der Effektivität der Automatisierung und Probleme der ökonomischen Bewertung der Zuverlässigkeit von Automatisierungsanlagen.

(Fortsetzung von S. 16)

resultiert ein scheinbares Überschwingen. Tatsächlich aber sind positive und negative Störsprungantwort überlagert, denn für den Reglerentwurf wurde ein stationärer Ausgangszustand angenommen.

Die Wirkung des Führungsgrößenfilters demonstriert abschließend Bild 11. Ohne Filterung treten, wie bekannt, ein starkes Überschwingen der Regelgröße und, aufgrund der alternierenden, sehr langsam abklingenden Stellgröße, eine verborgene Schwingung der Regelgröße auf.

Zusammenfassung

Im Beitrag werden ein möglicher Ansatz zur EEZ-Störoptimierung für die praktische Anwendung aufbereitet, anwenderfreundliche Nomogramme zur BOD-Störoptimierung nach [4] angegeben und jeweils Begrenzungsverrechnung und Führungsgrößenfilterung berücksichtigt. Die Gültigkeit der Optimierungsbeziehungen beweisen berechnete Übergangsfunktionen bei Störgrößen- bzw. Führungsgrößensprung. BOD liefert weniger parameterempfindliche Einstellungen, EEZ dagegen stellt eine günstige Voraussetzung für überlagerte Adaptionsalgorithmen dar. Eine bessere Nutzungsmöglichkeit der Optimierungsvorschriften soll durch eine Programmierung in einer höheren Sprache einschließlich einer Bedienerführung erreicht werden. Läuft dieses Programm über den gleichen Prozessor, der der Automatisierungselektronik zugrunde liegt, liefert die EEZ-Optimierung wegen ihrer Determiniertheit sehr günstige Bedingungen zur Prüfung der Reglersoftware.

Literatur

[1] *Günther, M.:* Zeitdiskrete Steuerungssysteme. Berlin: VEB Verlag Technik 1986.
[2] *Geitner, G.-H.; Stoev, A.:* Optimiert auf endliche Einstellzeit. msr, Berlin 28 (1985) 2, S. 60–65; 4, S. 165–169; 5, S. 211–214.
[3] *Schönfeld, R.; Krug, H.; Geitner, G.-H.; Stoev, A.:* Regelalgorithmen für digitale Regler von elektrischen Antrieben. msr, Berlin 28 (1985) 9, S. 390 bis 394.
[4] *Krug, H.:* Betragsoptimum für digitale Regler von elektrischen Antrieben. msr, Berlin 28 (1985) 9, S. 394–399.
[5] *Köster, J.; Neumann, L.:* Der Einsatz von Mikrorechnern für die Steuerung und Regelung von Antrieben. VEM Technische Informationen, (1986) 10, S. 11–14.

msr 8655

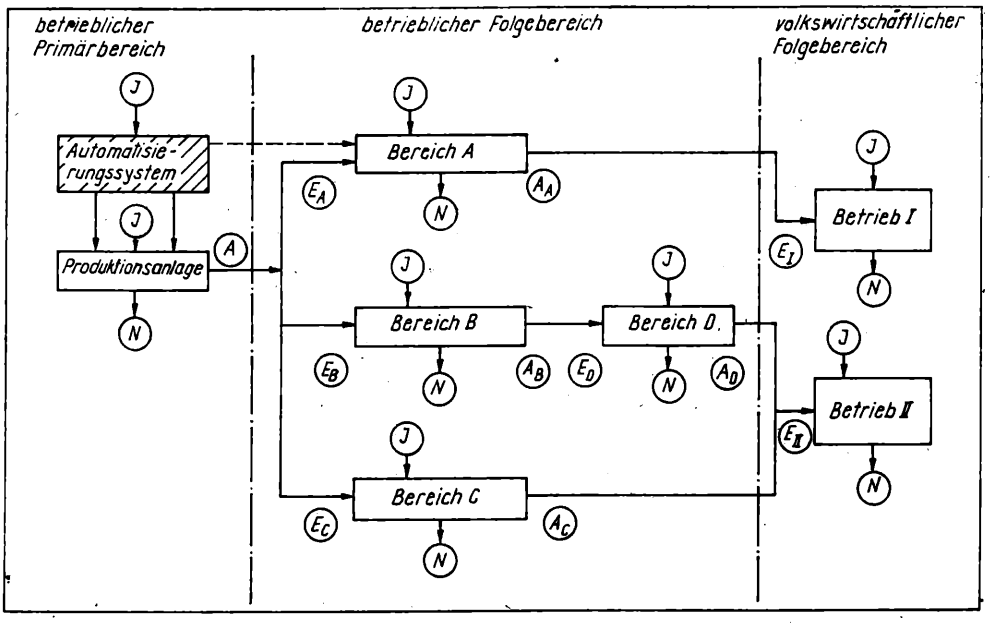


Bild 1. Wirkungsketten der Anlagenautomatisierung

(A) veränderte Ausgangsgrößen; (E) veränderte Eingangsgrößen; (I) zusätzliche einmalige Anwendung; (N) zusätzlicher Nutzen

- *Ermittlung der Effektivität jeder Variante und Auswahl der Automatisierungslösung, die die günstigsten Nutzen-Aufwand-Relationen und damit die größte Effektivität ausweist*
- *Einschätzung der Erfüllung der vorgegebenen Effektivitätsziele durch die ausgewählte Variante*

Daraus können bei Nichterfüllung weitere Arbeiten zur Annäherung an diese Zielstellungen resultieren.

2. Effektivität der funktionserfüllenden Automatisierung

Aus der Charakteristik der funktionserfüllenden Automatisierung geht hervor, daß sie zum Betrieb einer Produktionsanlage unerläßlich ist und somit in den meisten Fällen keinen meßbaren Beitrag zur Effektivitätssteigerung liefert. Um sie dennoch ökonomisch beurteilen zu können, sind Kennzahlen zu nutzen, die eine Einordnung in betriebliche Ergebniskategorien ermöglichen. Für die Meßbarkeit des Effekts der funktionserfüllenden Automatisierung wurden in den letzten Jahren mehrfach Gütekriterien formuliert [1] [3] und [4].

Sie erleichtern zwar die Beurteilung der Varianten von Automatisierungslösungen aus technischer Sicht, berücksichtigen jedoch nur unvollständig den Zweck der Automatisierung, die Sicherung der von einer Produktionsanlage zu erfüllenden Funktionen.

Ausschlaggebend für die Beurteilung der Automatisierungslösung ist ihre Qualität, wobei Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit entscheidende Kenngrößen für die Qualitätsbeurteilung sind [5]. Da bei funktionserfüllender Automatisierung die Leistungsfähigkeit einer Produktionsanlage im Sinne der möglichen Produktionskapazität als konstante Größe anzusehen ist, kann die Einschätzung der Effektivität über die ökonomische Bewertung ihrer Zuverlässigkeit erfolgen, da ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Zuverlässigkeit und Funktionserfüllung in einem vorgegebenen Zeitraum besteht. Automatisierungsanlagen unterschiedlicher Zuverlässigkeit sind mit unterschiedlichen zufallsbedingten Stillständen verbunden, die wiederum mit unterschiedlichen ökonomischen Auswirkungen auf den in der Produktionsanlage ablaufenden Prozeß verknüpft sind. Da kein direkter mathematischer Zusammenhang zwischen der Zuverlässigkeit im definierten Sinne [6] und den ökonomischen Auswirkungen besteht, sind die abgeleiteten Kennzahlen „Anzahl der Ausfälle im Planjahr" und „Ausfalldauer der einzelnen Ausfälle" heranzuziehen. Sie lassen sich über die Ausfallraten der Elemente bzw. des Gesamtsystems, die Funktionseffektivität komplizierter Systeme [7] und exakt geführte Störstatistiken der Betriebe errechnen. Da die Zuverlässigkeit letztlich die Verfügbarkeit bestimmt, wird der extensive Faktor, d. h. die Veränderung der Betriebszeit, zum Beurteilungskriterium. Zusammengefaßt finden die zuverlässigkeitsbedingten Auswirkungen ihren Ausdruck in Ausfallfolgekosten. Sie erfassen die Selbstkostenerhöhungen sowie die Gewinnminderungen, die durch

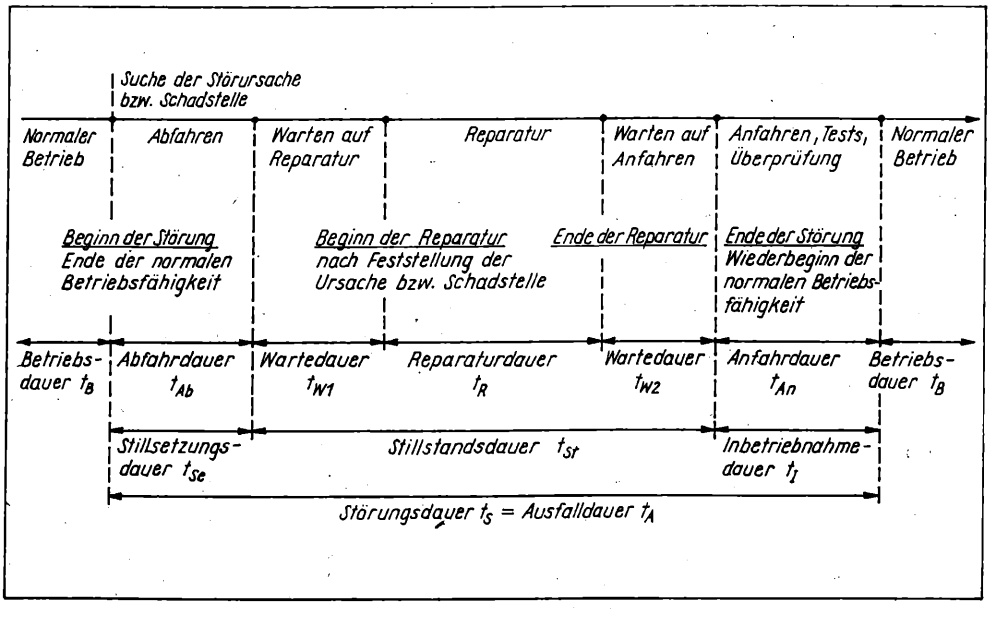


Bild 2. Gliederung der Ausfalldauer einer Produktionsanlage

nicht erbrachte bzw. qualitätsgeminderte Produktion infolge zuverlässigkeitsbedingtem Funktionsstillstand der Automatisierungsanlage entstehen [8]. Die Ausfallfolgekosten setzen sich in Analogie zur Ausfalldauer (Bild 2) aus drei Kennzahlen zusammen. Die Kennzahl Kosten für eine Stillsetzung k_S, d. h. das Abfahren der Produktionsanlage, und die Kennzahl Kosten für eine Wiederinbetriebnahme k_I, d. h. das Anfahren der Produktionsanlage nach Stillstand, sind anlagespezifisch zu ermitteln. Die Kennzahl finanzielle Verluste je Stillstandsstunde k_V errechnet sich über den Deckungsbeitrag nach

$$k_V = (E - K_{Gm} - K_E)\,\frac{1}{T_B}\,. \tag{1}$$

E Erlöse im Planjahr; K_{Gm} jährliche Grundmaterialkosten; K_E jährliche Energiekosten; T_B jährliche Betriebszeit

Die jährlichen Ausfallfolgekosten K_A ergeben sich dann nach

$$K_A = (k_S + k_I)\,N_A + k_V \cdot T_A\,. \tag{2}$$

N_A Anzahl der Stillstände im Jahr; T_A Stillstandszeit im Jahr

Mit den Ausfallfolgekosten kann auch der einmalige Aufwand zuverlässigkeitserhöhender Maßnahmen der funktionserfüllenden Automatisierung einer Effektivitätsbetrachtung zugänglich gemacht werden. Es gilt dann

$$K_A^- = K_A - K_A' - K^+ = N^+ \tag{3}$$

K_A^- Senkung der Ausfallfolgekosten; K_A, K_A' Ausfallfolgekosten vor und nach der Realisierung der zuverlässigkeitserhöhenden Maßnahme ($K_A > K_A'$); K^+ zusätzliche laufende Aufwendungen

Die Veränderung der Ausfallfolgekosten wird damit zum Nutzen N^+. Dem zusätzlichen einmaligen Aufwand für die Zuverlässigkeitserhöhung gegenübergestellt, ermöglicht er die Berechnung entsprechender Kennzahlen der Effektivitätsbeurteilung.

3. Effektivität der funktionsverbessernden Automatisierung

Der funktionsverbessernden Automatisierung liegen ökonomische Zielstellungen zugrunde, die insgesamt die Effektivität der zugehörigen Produktionsanlage zu erhöhen haben. Diese ökonomischen Wirkungen zeigen sich sowohl in der Produktionsanlage selbst, aber auch bezogen auf die eingesetzten Materialien und Energien, die Arbeitskräfte, die Erzeugnisse und die Prozeßführung. Bedingt durch den sich mit der Fertigungsautomatisierung bei Stückgutfertigung herausbildenden Anlagencharakter der prozeßseitig verbundenen einzelnen Arbeitsmittel zeigt sich eine weitgehende Annäherung der ökonomischen Wirkungen der Prozeß- und der Fertigungsautomatisierung. Zusammengefaßt sind sie in der Tafel dargestellt.

Im folgenden wird auf einige Berechnungsansätze eingegangen. Die anlagenbezogenen ökonomischen Wirkungen drücken sich vorrangig in der Erhöhung der Produktionsmenge der Anlage je Zeiteinheit q^+ bzw. der Verringerung des Zeitaufwandes je Leistungseinheit t^- aus. Der daraus resultierende jährliche Ergebniszuwachs E^+ errechnet sich nach

$$E^+ = q^+ \cdot T_B \cdot p \tag{4}$$

oder

$$E^+ = \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_0}\right) \cdot T_B \cdot p\,.$$

T_B jährliche Betriebszeit; p Preis je Mengeneinheit

Durch die Produktionserhöhung verteilt sich der relativ konstante Teil der Kosten auf eine größere Produktionsmenge, so daß dadurch die spezifischen Kosten je Produktionseinheit ebenfalls sinken. Das ist mit einer Gewinnerhöhung verbunden. In gleicher Richtung wirkt die Verringerung des Verschleißes, verbunden mit einer Verringerung des notwendigen Instandhaltungsaufwandes und der technisch bedingten Anlagenstillstände. Die material- und energiebezogenen Wirkungen zeigen sich in der Einsparung von Grundmaterial, Energie, Brenn- und Treibstoffen je Produktionseinheit

$$E^+ = \sum_{i=1}^{n} m_i^- \cdot Q_{1i} \cdot p_i\,. \tag{5}$$

m^- Materialeinsparungen je Produktionseinheit; Q_1 Jahresproduktion nach Automatisierung; $i = 1 \ldots n$ (Laufvariable der verschiedenen Material- und Energiearten)

Tafel. Ökonomische Wirkungen der funktionsverbessernden Automatisierung [2] und [9]

Wirkung	Ergebnis
Aufwandswirkungen	
Einmalige	
F/E-Aufwendungen	—
Investitionskosten	
Laufende	
Kosten für Abschreibungen, Löhne, Energien, Material, Instandhaltung, Abgaben	—
Ergebniswirkungen	
Einmalige	
Freisetzung von Arbeitsmitteln	Verkaufserlöse
Reduzierung der Ersatzteil- und Materialbestände	Senkung der Umlaufmittel
Laufende	
Anlagenbezogene Wirkungen	
— Erhöhung der Leistungsfähigkeit	Gewinnzuwachs aus Erhöhung des Produktionsvolumens, Verringerung der spezifischen Kosten
— Erhöhung der Zuverlässigkeit	Verringerung der Ausfallfolgekosten Gewinnzuwachs aus Produktionserhöhung
— Verringerung des Verschleißes	Senkung der Reparaturkosten
— Verkürzung der Prozeßdauer	Verringerung der Umlaufmittelbindungsverluste Verringerung der Lagerungs- und Transportkosten
— Erhöhung der Flexibilität	Verringerung der Umstellkosten Gewinnzuwachs aus höherer Reaktionsfähigkeit
Material- und energiebezogene Wirkungen	
— Einsparung von Material	Verringerung der Materialkosten
— Einsparung von Energien	Verringerung der Kosten für Energie, Brenn- und Treibstoffe
— Erhöhung des Veredlungsgrades des Materials	Verringerung der Materialkosten Erhöhung des Gewinns
Arbeitskraftbezogene Wirkungen	
— direkte Einsparung von Arbeitskräften	Lohnkostensenkung Verringerung des Beitrages zu den gesellschaftlichen Fonds Verringerung direkt lohnabhängiger Gemeinkosten, Gewinnzuwachs aus Wiedereinsatz der gewonnenen Arbeitskräfte
Erzeugnisbezogene Wirkungen	
— Erhöhung der Qualität	Höhere Preise bei Gebrauchswertverbesserung Qualitätszuschläge
— Verringerung von Qualitätsmängeln	Senkung der ANG-Kosten, Abbau von Preisabschlägen
Wirkungen, bezogen auf die Prozeßbildung	
— Erhöhung der Flexibilität — genauere Produktbilanzierung — Erhöhung der Betriebssicherheit und Verminderung des Risikos — Erweiterung der Kenntnisse über Prozeßzusammenhänge — Präzisierung der Betriebsvorschrift — Verbesserung der Möglichkeit der Prozeßdatenverarbeitung	Positive Wirkungen auf alle Ergebniselemente

Im Energiebereich ergeben sich die größten Effekte bei Prozeßenergien, die direkt am technologischen Prozeß beteiligt sind (z. B. Elektroenergie für Elektrolyse und Lichtbogenprozesse).

Die arbeitskraftbezogenen Wirkungen zeigen sich quantitativ in der Verminderung des Aufwandes an lebendiger Arbeit je Produktionseinheit, da die Automatisierung vor allem bei der Fertigungsautomatisierung mit einer Einsparung von Arbeitskräften verbunden ist. Allerdings ist es bei Anlagen mit hoher Basisautomatisierung nur selten möglich, nennenswerte Arbeitskräfteeinsparungen zu erzielen. Diese sind deshalb vorwiegend bei Anlagen mit niedrigerem technischen Niveau zu erreichen. Bei der Automatisierung ist auch zu beachten, daß zwar einerseits Einsparungen an Bedienungspersonal möglich sind, andererseits zusätzliches Wartungspersonal für die Automatisie-

rungsanlage notwendig wird. Da diese Arbeitskräfte oft über eine höhere Qualifikation als die freigesetzten verfügen, was sich in einer höheren Entlohnung niederschlägt, ist der Effekt aus der Einsparung von Lohnkosten gering. Er zeigt sich vorrangig über den Ergebniszuwachs aus dem produktiven Wiedereinsatz der freigesetzten Arbeitskräfte

$$E^+ = AK^-[L(b+1)+g]\,. \tag{6}$$

AK^- Anzahl der eingesparten Arbeitskräfte; L Lohnkostenfaktor in Mark je Arbeitskraft und Jahr; g Gewinn je Arbeitskraft und Jahr; b Beitrag zu gesellschaftlichen Fonds (70% der Lohnkosten)

Weitere wesentliche arbeitskraftbezogene Wirkungen, wie Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen, Erhöhung der Arbeitssicherheit, Verbesserung der Arbeitsumweltbedingungen u. a., können nur selten quantitativ erfaßt werden. Eventuell können Fluktuationsanalysen Anhaltspunkte für weitere Effekte geben.

Die funktionsverbessernde Automatisierung führt in vielen Fällen zu einer Verbesserung der Gebrauchseigenschaften der Erzeugnisse, da im Produktionsprozeß die sie definierenden Parameter konstant gehalten werden können. Deshalb zeigen sich die erzeugnisbezogenen Wirkungen vor allem in der Verbesserung der Qualität. Ein quantitativer Nachweis ist jedoch nur möglich, wenn für die erreichte höhere Qualität auch ein höherer Preis veranschlagt werden kann

$$E^+ = p^+ \cdot Q_1\,. \tag{7}$$

p^+ Preiserhöhung in Mark je Erzeugniseinheit

Die Automatisierung führt auch zur Senkung des Ausschusses. Daraus ergeben sich durch Einsparung von Kosten für Ausschuß, Nacharbeit und Garantieleistungen weitere ökonomische Effekte.

4. Beurteilung der Effektivität

Die Beurteilung der Effektivität von Strategien und Projekten für beide Arten der Automatisierung erfolgt anhand von Kennziffern. Basierend auf internationalen Erfahrungen ist festzustellen, daß insgesamt hinsichtlich der einzubeziehenden Kenngrößen weitere wissenschaftliche Arbeit zu leisten ist [10]. Für die Berechnung ökonomischer Kennziffern ist zunächst der Nutzen für die Automatisierungsanlagen durch Subtraktion der mit der Automatisierungsanlage verbundenen zusätzlichen Kosten, wie Abschreibungen der Automatisierungsanlage, Energiekosten, Lohnkosten für zusätzliches Bedienungs- bzw. Instandhaltungspersonal, vom errechneten Ergebniszuwachs auszuweisen. Zu den Beurteilungskennziffern gehören:

- Rückflußdauer des einmaligen Aufwandes R

$$R = \frac{A_e}{N} \tag{8}$$

A_e einmaliger Aufwand für die Automatisierungsanlage; N Nutzen durch die Automatisierungsmaßnahme im Jahr

Die Rückflußdauer ist an einem Grenzwert zu messen, i. allg. wird auf 5 Jahre, bei Industrierobotern auf 3 Jahre orientiert [11]. Diese Kennzahl drückt aus, in wieviel Jahren der einmalige Aufwand für eine Automatisierungsmaßnahme durch den damit erzielbaren Nutzen zurückgeflossen ist.

- Umschlagszahl des einmaligen Aufwandes U

$$U = \frac{\sum_{i=1}^{u} N_i}{A_e} \tag{9}$$

$i = 1, 2, \ldots, u$; i Laufvariable der Nutzungsjahre

Diese Kennzahl berücksichtigt den gesamten Nutzungszeitraum der Automatisierungsanlage und weist die Anzahl der Umschläge des einmaligen Aufwandes aus.

- Grundfondsrentabilität r

Die Grundfondsrentabilität einer durch Automatisierung verbesserten Produktionsanlage hat aus der Sicht der generell notwendigen Verbesserung der Grundfonds gegenüber dem technischen Zustand vor der Automatisierung zu steigen. Das wird nur erreicht, wenn die Arbeitsrentabilität r_A schneller steigt als die automatisierungsbedingte Erhöhung der Ausstattung der lebendigen Arbeit mit Grundfonds f_A. Es gilt

$$r = \frac{G+N}{AK-AK^-} \Big/ \frac{GF+A_e}{AK-AK^-} = \frac{G+N}{GF+A_e}\,. \tag{10}$$

G Gewinn der Produktionsanlage vor Automatisierung; GF Grundfonds der Produktionsanlage; AK Anzahl der Arbeitskräfte vor Automatisierung

r steigt dann nur, wenn die Bedingung $r'_A \geq f'_A$ eingehalten wird, die damit zu einer Grundbedingung der Automatisierung wird (r'_A Steigerung der Arbeitsrentabilität; f'_A Steigerung der Grundfondsausstattung).

Weitere Beurteilungskriterien, wie Entwicklung der relativen Effektivität, produktbezogene Neuerungsrate, sind in [9] erläutert.

Zusammenfassung

Die Automatisierung von Produktionsanlagen sowohl als funktionsintegrierte als auch vorrangig als funktionsverbessernde Automatisierung dient der Effektivitätssteigerung. Zum Nachweis dessen sind die verschiedenen automatisierungsbedingten Effekte zu erfassen, zu systematisieren und ökonomisch zu bewerten. Dazu bedarf es eines entsprechenden Instrumentariums, das im Beitrag vorgestellt wird. Durch den zunehmenden Anlagencharakter im Prozeß der flexiblen Automatisierung nähern sich die bisher unterschiedlichen Kriterien für Fließ- und Stückgutfertigung aneinander an, so daß die Berechnung der Effektivität von Prozeß- und Fertigungsautomatisierung nach einheitlichen Gesichtspunkten vorgenommen werden kann.

Literatur

[1] *Müller, R.:* Projektierung von Automatisierungsanlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.
[2] Autorenkollektiv: Ökonomie der Automatisierung. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1985.
[3] *Müller, R.:* Projektierung von Automatisierungsanlagen. Band 72 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Berlin: VEB Verlag Technik 1968.
[4] *Werner, G. W.:* Aufwand und Nutzen der Automatisierung von Fließprozessen. Band 154 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Berlin: VEB Verlag Technik 1974.
[5] *Fischer, K.:* Systemleistung und Zuverlässigkeit. msr, Berlin 29 (1986) 11, S. 482–486.
[6] TGL 29096/01: Zuverlässigkeit in der Technik – Begriffe. 1978.
[7] *Müller, K. H.:* Zuverlässigkeit und Funktionseffektivität komplizierter technischer Systeme. Berlin: Akademie-Verlag 1986.
[8] *Steiner, W.; Viehweger, G.:* Grundsätze einer einheitlichen ökonomischen Bewertung der Zuverlässigkeit von Chemieanlagen. Chemische Technik, Berlin 34 (1982) 9, S. 477–480.
[9] *Fuchs, H.; Lauenroth, H.-G.:* Bemerkungen zu einigen Kategorien der flexiblen Automatisierung. msr, Berlin 29 (1986) 1, S. 2–6.
[10] *Yoshikava, H.:* Flexible manufacturing systems in Japan. IFAC-Proceedings 1984, S. 34–42.
[11] Autorenkollektiv: Sozialistische Betriebswirtschaft-Industrie. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1986.

msr 8765

ISSN 0026-0347, mess., steuern, regeln
Berlin 30 (1987), S. 1—576

messen · steuern · regeln (msr)

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift
für die Automatisierungstechnik
Herausgeber: Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft
für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT
VEB Verlag Technik Berlin
Oranienburger Str. 13/14, Berlin, DDR-1020

Jahresinhaltsverzeichnis 30 (1987)

Nach Fachgebieten geordnet —
Heft 1 bis 12, Seite 1 bis Seite 576

Sachwortverzeichnis

1. Allgemeine und theoretische Aspekte der Meß- und Automatisierungstechnik
2. Meßtechnische Anwendungen und Sensoren
3. Einsatz und experimentelle Untersuchungen von Regelungssystemen und deren Baugliedern
4. Steuerungs- und Industrierobotertechnik
5. CAD/CAM-Systeme und flexible Fertigung
6. Prozeß- und Mikrorechentechnik in der Automatisierungstechnik
7. Beratungs- und Expertensysteme, automatisierungstechnische Aspekte der technischen Informatik und künstlichen Intelligenz
8. Automatisierungstechnisches Umfeld und Randgebiete
9. Buchbesprechungen
10. Aus der Arbeit der WGMA
11. Tagungen und Kolloquien
12. Messen und Ausstellungen
13. Persönliches
14. Dissertationen
15. Technische Informationen
16. Verschiedenes

1. Allgemeine und theoretische Aspekte der Meß- und Automatisierungstechnik

Abschätzung der oberen Frequenzgrenze für die Stabilitätsanalyse von Mehrgrößenregelungen. Von *H. Zietz* ... 1/7
Projektierung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen als Informationssystem. *G. Müller* ... 1/15
Bemerkung zur robusten Nachlaufregelung. Von *K. Göldner* ... 1/37
Auslegung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen unter dem Echtzeit- und Zuverlässigkeitsaspekt. Von *P. Neumann* ... 2/68
KEDDC — Ein Programmsystem zur rechnergestützten Analyse und Synthese von Regelsystemen. Von *H. Unbehauen* ... 2/78
Prozeßanalyse komplexer Systeme für den Entwurf von Echtzeitsoftware. Von *B. Böhme* und *I. Neumann* ... 2/82
Selbsteinstellende „Pole-placement"-Regler. Von *M. Halwaß*
Teil I ... 3/117
Teil II ... 5/206
Zu den Grundaufgaben der Automatisierung. Von *G. Brack* ... 3/127
Auswirkungen moderner Prinzipien der Gestaltung von Datenübertragungssystemen auf das Zeitverhalten von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. Von *I. Neumann, B. Dähmlow* und *A. Eckstädt* ... 4/170
Dimensionierung des Zuverlässigkeitsverhaltens von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. Von *H. Häßner* und *P. Neumann* ... 4/176
Zur Strukturierung hierarchischer Prozeßsicherungssysteme. Von *D. Balzer, V. Kirbach, B. Koch* und *H. Metz* ... 5/203
Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit von *k*- aus *n*-Systemen. Von *H. Schäbe* ... 5/221
Simulationssystem DS-88. Von *V. Müller, A. Dittrich* und *U. Henze* ... 5/223
Bemerkungen zur Einheit von Hardware, Software und Entwurfshilfsmitteln. Von *H. Töpfer* ... 6/246
Schnittstellenbetrachtung für die Einführung von CAE-Systemen in den Automatisierungsanlagenbau. Von *J. Schmiele* ... 6/268
Flexible, evolutionsfähige Steuerung — Prämisse flexibler Produktion. Von *H. Stahn* ... 6/280
Auswahl von Modellen optimaler Kompliziertheit. Von *J.-A. Müller* ... 7/302
Anwendung der diskreten Theorie der ratengekoppelten Systeme in der Regelungstechnik. Von *M. Peschel, W. Mende* und *F. Breitenecker* ... 7/322
Probleme und Methoden bei der Anwendung von Stackelberg-Strategien zur Steuerung komplexer Systeme mit hierarchischer Entscheidungsstruktur. Von *J. Fischer* und *H.-H. Wilfert*
Teil 1 ... 8/338
Teil 2 ... 9/406
Kompromisse von Genauigkeit, Grenzfrequenz, Dauer und Häufigkeit bei der automatischen Selbstkalibrierung. Von *H. Herold* ... 9/394
Serielle Fertigungssysteme mit Zwischenspeichern. Von *J. Petigk* ... 9/402
Verzögerungskorrektur diskontinuierlich erfaßter Signale. Von *G. Lorenz* 9/412
Erhöhung der Kompetenz des Betreiberpersonals — Ziel der zustandsorientierten Mensch-Prozeß-Kommunikation in Chemieanlagen. Von *H. Grauel, H. Bauer* und *P. Metzing* ... 10/448
Stand und Tendenzen der Automatisierungstechnik der VR Polen. Von *T. Missala* ... 11/482
Durchgängig automatisierte Systemlösungen für die technische Vorbereitung und Steuerung der Produktion — Stand und Perspektive. Von *W. Fritzsch* ... 11/489
Diagnostische Tests in Automatisierungsanlagen. Von *J. M. Kościelny*. 11/493
Funktionelle Darstellung der zuverlässigkeitstheoretischen Struktur technischer Systeme durch Orthogonalformen ihrer Strukturfunktion. Von *F. Beichelt* und *L. Sproß* ... 11/496
Lernfähige Automaten mit adaptiver Zufallssuche. Von *W. Weller* 11/509
Ein Numerisch stabiles Verfahren zur Lösung von Zustandsgleichungen. Von *E. Stadler* ... 11/514

2. Meßtechnische Anwendungen und Sensoren

Ein nichtdispersives Modell zur Berechnung des Meßfehlers eines NDIR-Fotometers für Differenzmessungen. Von *H.-R. Breitmoser* ... 1/34
Kontinuierliche Temperaturüberwachung von Stahlschmelzen. Von *P. Schulz* und *B. Möller* ... 3/98
Untersuchungen zur Optimierung von Vorprozessoren der stochastisch-ergodischen Meßtechnik. Von *J. Langhans* ... 3/103
Untersuchung zur Bestimmung des Übertragungsverhaltens von nichtdispersiven Infrarot-Gasanalysatoren. Von *H. Gatzmanga* und *N. Gärtner* 3/106
Applikation von temperaturempfindlichen Schichtwiderständen. Von *E. Kaiser* ... 3/110
On-line-Messung von Konzentrationsverteilungen. Von *J. Hoffmann* und *G. Böttge* ... 3/112
Fehlerermittlung bei Durchflußmessungen. Von *H. Wandel* ... 3/130
Piezoresistive Drucksensoren für die Automatisierungstechnik. Von *F. Löffler* und *R. Werthschützky*
Teil 1 ... 5/194
Teil 2 ... 7/317
Zur Bildaufnahme in der Meßmikroskopie. Von *L. Zipser* und *K. Franke* 7/290
Probleme der Signalfensterung bei der schnellen Fourier-Transformation. Von *K. Gola* ... 7/306
Praktische Untersuchungen zur kontinuierlichen Temperaturmessung in Stahlschmelzen. Von *B. Möller* und *P. Schulz* ... 7/313
Kompromisse von Genauigkeit, Grenzfrequenz, Dauer und Häufigkeit bei der automatischen Selbstkalibrierung. Von *H. Herold* ... 9/394
Verzögerungskorrektur diskontinuierlich erfaßter Signale. Von *G. Lorenz* 9/412
Zur Durchflußmessung an geradlinigen Gerinnen mit kreisförmigem Querschnitt. Von *J. Gätke* ... 10/463
Meßeinrichtung zur Bestimmung von Parametern grobdisperser Stoffsysteme. Von *J. Hoffmann* ... 11/500
Einrichtung zur Messung der Gewebelänge in der laufenden Produktion. Von *L. Kieltyka* ... 11/517

3. Einsatz und experimentelle Untersuchungen von Regelungssystemen und deren Baugliedern

Experimentelle Erprobung einer Einstellregel für PI-Mehrgrößenregler bei der Herstellung von Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung. Von *J. Lunze* und *B. v. Kurnatowski* ... 1/2
Digitale Drehzahlregelung von stromrichtergespeisten Gleichstromantrieben. *V. Müller* und *A. Dittrich* ... 1/10
Erfahrungen beim Lösungsentwurf von audatec-Großverbundsystemen am Beispiel einer kommunalen Abwasserbehandlungsanlage. Von *W. Haase* ... 4/155
Untersuchungen zur Regelungsstruktur eines Industrieofens. Von *U. Jumar* und *H. Krüger* ... 5/199
Auswahl von Modellen optimaler Kompliziertheit. Von *J.-A. Müller* ... 7/302
Verallgemeinerte Prädikatorregelung für Totzeitsysteme mit aperiodischem Einschwingverhalten — Anforderungen an die Prozeßmodellierung. Von *J. Uhlig* ... 8/341

Programmpaket zur Identifikation rückgekoppelter Mehrgrößensysteme im Frequenzbereich auf den Kleinrechnern K 1630 und SM 4-20. Von *G. Breithauer* und *S. Römer* 8/348

Experimentelle Ermittlung linearer Modelle zur Beschreibung der gesteuerten Schiffsbewegung. Von *W. Drewelow* und *M. Halwaß* 8/353

Interaktives Mikrorechnerprogrammsystem für Echtzeitidentifikationsaufgaben. Von *D. Pönigk* und *H.-P. Schötz* 8/358

Zweistufiges Verfahren zur Identifikation linearer dynamischer Systeme vom SISO-Typ für kurzperiodische Testfolgen. Von *H. Buchta* 8/362

Eine Variante der Identifikation multivariabler Systeme im geschlossenen Regelkreis unter Nutzung der Strukturinformation. Von *Ch. Döschner* und *J. Knorr* 8/367

Mikrorechner-Implementierung von MKQ-Algorithmen zur Parameterschätzung in adaptiven Systemen. Von *G. Billerbeck* und *L. Klinsmann* 8/370

Analyse und Vorhersage des monatlichen Elektroenergieverbrauchs im VE Fischhandel Berlin. Von *W. Götze* und *J.-A. Müller* 8/373

Optimierung drehzahlgeregelter elektrischer Antriebe mit drehelastischer Mechanik. Von *E. Vöckel*
Teil 1 ..... 9/386
Teil 2 ..... 10/460

Interaktives Programmpaket zur Analyse mehrdimensionaler Zeitreihen für SM 4 oder K 1630. Von *J. Fischer* 9/409

Regelungstechnische Möglichkeiten zur Verbesserung des dynamischen Betriebsverhaltens von turboaufgeladenen Nutzfahrzeugdieselmotoren. Von *S. Nevelö* 11/512

4. Steuerungs- und Industrierobotertechnik

Automatische Erkennung und Behebung von Prozeßstörungen während der spanenden Bearbeitung durch Funktionserweiterung der Seriensteuerung CNC 600-1. Von *B. Schennerlein* 1/29

Einsatz eines Industrieroboters als flexibler Leiterplattenbohrautomat mit bildschirmorientierter Teach-in-Programmierung. Von *O. Kulpe* und *W. Weller* 1/38

Der Steuerungsablaufplan als allgemeines Beschreibungsmittel für Binärsteuerungen und seine Anwendung bei der Projektierung des mikrorechnergestützten Prozeßleitsystems audatec. Von *R. Heising, A. Zötzsche* und *C. Friedrich* 4/163

Steuerprogramm Analogeingabe SPAE 9226 für die analoge Eingabebaugruppe AEE K 9226. Von *A. Schönitz* 5/217

Erfahrungen beim Einsatz rechentechnischer Hilfsmittel zur Projektierung von Binärsteuerungen. Von *H.-P. Graul* und *H.-G. Krauße* 6/265

Weiterentwicklung der rechnergestützten Projektierung von Binärsteuerungen auf der Basis der binären Prozeßanalyse. Von *M. Strüver* 6/277

Ein CAD-System für speicherprogrammierbare industrielle Steuerungen. Von *E. Habiger* und *V. Hammer* 7/295

Minimierung und Optimierung von logischen Schaltfunktionen bei Verwendung von Kleinstrechnern. Von *H. Kühn* 9/420

5. CAD/CAM-Systeme und flexible Fertigung

Automatische Erkennung und Behebung von Prozeßstörungen während der spanenden Bearbeitung durch Funktionserweiterung der Seriensteuerung CNC 600-1. Von *B. Schennerlein* 1/29

Steuerprogramm- und Programmiersystem SPS 6000 für Fertigungskomplexe. Von *D. Rudolf* 5/211

Einsatz der Fachsprache Steuergraph-Mikro bei der Realisierung eines Steuerungsalgorithmus für einen Fertigungskomplex. Von *T. Pfeiffer* und *F. Arendt* 5/213

Aufbereitung und Prüfung der Aufgabenstellung — eine Voraussetzung für die Effektivität von CAD-Lösungen zur Projektierung automatischer Anlagen. Von *R. Müller, U. Engmann* und *H. Wolf* 6/242

Rechnergestützte Bearbeitung der MSR-Stellenliste. Von *R. Heising* und *Chr. Meischner* 6/248

Erarbeiten von Funktionsschaltplänen. Von *H. Stechert* 6/251

Rechnergestützter Entwurf von Zentraleinrichtungen. Von *W. Bennewitz, T. Hoppe* und *H. Reichstein* 6/256

Rechnergestützter Arbeitsplatz „Verdrahtung von Automatisierungsanlagen" — erste Erfahrungen aus der Entwicklung und der Einführung. Von *W. Bennewitz, T. Hoppe* und *R. Leipold* 6/257

Rechnergestützte Anfertigung von Ausrüstungslisten für Automatisierungsanlagen unter Verwendung des Bürocomputers A 5120/30. Von *U. Börner* und *J. Nebe* 6/259

Mikrorechnergestützte Fixierung eines Stelleinrichtung. Von *C. Dörl* und *N. Trautwein* 6/262

Schnittstellenbetrachtung für die Einführung von CAE-Systemen in den Automatisierungsanlagenbau. Von *J. Schiemle* 6/268

Ein CAD-System für speicherprogrammierbare industrielle Steuerungen. Von *E. Habiger* und *V. Hammer* 7/295

Serielle Fertigungssysteme mit Zwischenspeichern. Von *J. Petigk* 9/402

6. Prozeß- und Mikrorechentechnik in der Automatisierungstechnik

Projektierung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen als Informationssystem. Von *G. Müller* 1/15

Auslegung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen unter dem Echtzeit- und Zuverlässigkeitsaspekt. Von *P. Neumann* 2/68

KEDDC — Ein Programmsystem zur rechnergestützten Analyse und Synthese von Regelsystemen. Von *H. Unbehauen* 2/78

Prozeßanalyse komplexer Systeme für den Entwurf von Echtzeitsoftware. Von *B. Böhme* und *I. Neumann* 2/82

Ausgewählte Probleme des Entwurfs eines Diagnose- und Sicherungssystems für Mikrorechner-Automatisierungssysteme. Von *J. M. Kościelny* und *P. Wasiewicz* 3/122

Prozeßleitsystem audatec — Systemübersicht. Von *U. Schnell* und *Th. Tobian* 4/146

Projektierung der Zuverlässigkeit im System audatec. Von *H. Häßner* . 4/151

Erfahrungen beim Lösungsentwurf von audatec-Großverbundsystemen am Beispiel einer kommunalen Abwasserbehandlungsanlage. Von *W. Haase* 4/155

Dimensionierung von Bussystemen in Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. Von *J. Sawatzky* 4/166

Auswirkungen moderner Prinzipien der Gestaltung von Datenübertragungssystemen auf das Zeitverhalten von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. Von *P. Neumann, B. Dähmlow* und *A. Eckstädt* 4/170

Dimensionierung des Zuverlässigkeitsverhaltens von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. Von *H. Häßner* und *P. Neumann* 4/176

Mikrorechner-Automatisierungsanlagen aus dem Institut für Technische Kybernetik und Robotertechnik Sofia. Von *J. Dragov, N. Iliev, St. Katzarov* und *E. Georgiev* 4/180

Simulationssystem DS-88. Von *V. Müller, A. Dittrich* und *U. Henze* .. 5/223

Mikrorechner PCC 5/21 zur Prozeßführung eines Netzbanddurchlaufbackofens. Von *K. Kabitzsch* 7/310

P 8000 — Programmier- und Entwicklungssystem der EAW electronic. Von *J. Beuschel* und *W. Zuchhold* 10/455

Feldbusnetze für Automatisierungssysteme mit intelligenten Funktionseinheiten. Von *W. Kriesel, W. Richter* und *P. Gibas* 11/486

7. Beratungs- und Expertensysteme, automatisierungstechnische Aspekte der technischen Informatik und künstlichen Intelligenz

Softwaretechnologie und Softwareprojektierung — Entwicklungstrends. Von *D. Balzer* und *R. Müller* 2/50

Betreiben von Software für Prozeßsteuerungssysteme. Von *D. Balzer* und *W. Schwarz* 2/54

Softwarewiederverwendung — ein notwendiges Grundprinzip effektiver Softwaretechnologie. Von *D. Balzer, G. Reinig* und *St. Hauptmann* ... 2/60

Spezifikationssprachen für Beschreibung und Entwurf von Automatisierungsanlagen. Von *U. Engmann* und *St. Drabek* 2/63

Zu einigen theoretischen und praktischen Problemen bei der Durchsetzung von Softwaretechnologien in der DDR. Von *O. Herrlich* 2/74

Beratungssysteme mit unscharfen Klassifikatoren und Klassifikatornetzen. Von *S. F. Bocklisch* 8/344

Zum Verhältnis von künstlicher Intelligenz und Automatisierung. Von *H. Fuchs* 10/434

Wissensbasierte Systeme. Von *J. Lunze*
Teil 1: Einführung und Überblick 10/437
Teil 2: Einsatzmöglichkeiten in der Automatisierungstechnik 11/502

Expertensysteme als integraler Bestandteil mikroprozessorgestützter Prozeßleittechnik. Von *B. Böhme* und *D. Balzer* 10/443

Zum Einfluß der künstlichen Intelligenz auf Theorie und Praxis der Prozeßautomatisierung. Von *D. Balzer* und *B. Böhme* 12/530

Entwurfskonzepte für Beratungssysteme zur Lösung kybernetischer Aufgaben. Von *D. Böhme* und *J. Wernstedt* 12/535

Nutzung von PROLOG zur Implementierung von Expertensystemen. Von *U. Petersohn, J. Pitschke* und *I. Rohner* 12/540

Einsatz von Expertensystemen in der technischen Diagnostik. Von *U. Fiedler* und *F. Baldeweg* 12/544

PROFIS — ein Beratungs-/Expertensystem zur rechnergestützten Prozeßführung der Fertigung von integrierten Schaltkreisen. Von *P. Otto, R. Puhlmann, D. Trippler, J. Wernstedt, S. Bergmann, E. Egelkraut, V. Parsiegla* und *V. Schmalfuß* 12/547

Entwurf eines Beratungssystems zur Diagnose und Prognose der operationellen Kompetenz des Operators in Mensch-Maschine-Systemen. Von *J. R. Blau, A. Weicker, R. Ehrlich, E. Schulze, U. Leifheit* und *K. Müller* 12/550

Lösungsstrategie zur Realisierung von Expertensystemen in Dispatcherzentren des Elektroenergiesystems. Von *I. Neumann* und *I. Heinrich* . 12/556

Expertensysteme für die rechnergestützte Projektierung verfahrenstechnischer Anlagen. Von *K.-H. Rauchhaus, G. Reinemann, W. Weiß* und *J. Briesovsky* 12/560

Expertensysteme für die Produktionssicherung in einem Düngemittelwerk. Von *B. Böhme, D. Balzer* und *U. Starke* 12/564

8. Automatisierungstechnisches Umfeld und Randgebiete

Qualitätscharakteristika für Software und für rechnergestützte Automatisierungslösungen. Von *Chr. Gebert* 2/89
Szenarien für Personalcomputer zur Variation und Bewertung von Automatisierungsstrategien. Von *H.-G. Lauenroth* 3/113
Zur Bedeutung des Bindestrichs in der englischen Fachsprache der Meßtechnik — Gesetzmäßigkeiten der Bildung von Mehrworttermini. Von *G. Hofmann* 3/128
Neue Ergebnisse der TGL-GOST-Abstimmungen. Von *H. Kloust* 4/183
Bibliographische Recherchen des Amtes für Erfindungs- und Patentwesen der DDR. Von *J. Zimdars* 5/220
Rechnergestütztes System der Planung des Auftragsdurchlaufs in der Projektierung von Automatisierungsanlagen. Von *G. Müller* 6/272
Analyse und Vorhersage des monatlichen Elektroenergieverbrauchs im VE Fischhandel Berlin. Von *W. Götze* und *J.-A. Müller* 8/373
Analyse und Bewertung der Gesundheits- und Persönlichkeitsförderlichkeit der Tätigkeit von Operatoren in der Prozeßführung. Von *S. Hiekmann* und *P. Richter* 9/398
Synthese von Dolph/Tschebyschew-Gruppenstrahlern unter Benutzung der diskreten Fourier-Transformation. Von *H. Schlüter* 9/417
Neue Festlegungen zu Kabeln und Leitungen für Automatisierungsanlagen. Von *H. Kloust* 11/516

9. Buchbesprechungen

Elektrische Meßtechnik. 1000 Begriffe für den Praktiker. Von *J. Schultz, K. Dörrer* und *G. Gubsch* 1/45
Applications of Automatic Control Concepts to Traffic Flow Modeling and Control. Von *M. Papageorgiou* 1/45
Handbuch Meßtechnik und Qualitätssicherung. Von *D. Hofmann* 2/93
Prozeßinformatik. Von *E. Schnieder* 2/93
Entwicklungsperspektiven mittlerer Rechnersysteme 2/93
Kleines Lexikon der Speichertechnik. Band 224 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Von *H. Völz* 3/138
VEM-Handbuch Automatisierungsanlagen. *Autorenkollektiv* 3/138
Modellierung von Systemen. Von *B. Ja. Sovetov* und *A. S. Jakovlev* 3/138
Zuverlässigkeit und Funktionseffektivität komplizierter technischer Systeme. Von *K.-H. Müller* 3/138
Abkürzungen und Standards der Mikroelektronik in Automatisierungsanlagen 3/139
Digitale Nachrichtentechnik. Von *U. Hübner* 3/139
Ökonomie und Optimierung. Von *L. V. Kantorovič, W. Lassmann, H. Schilar, K. Schwarz* und *S. Brentjes* 3/139
Diskontinuierliche technologische Prozesse. Gründlagen · Analyse · Modellierung. Von *G. Voigt* und *S. Cramer* 3/140
Wirtschaftliche Energieanwendung 3/140
Jahrbuch Elektrotechnik. Von *A. Grütz* 3/140
Nonlinear Control Systems: An Introduction. Von *A. Isidori* 3/141
Nonlinear Prediction Ladder-Filters for Higher-Order Stochastic Sequences. Von *J. Zarzycki* 3/141
Technik der magnetischen Videosignalaufzeichnung. Von *B. Morgenstern* 3/141
Taschenbuch Elektrotechnik 4/189
Hilfsmittel für Errichtung und Betrieb von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. Von *P. Neumann* 4/189
Control System Design Based on Exact Model Matching Techniques. Von *K. Ichikawa* 4/189
Handbuch der Systemtheorie 5/235
Optimaldemodulation. Von *M. Göller* 5/235
Instandhaltung von Anlagen der Elektroenergieversorgung. Von *H. Spanneberg* 5/235
Rechentechnik in robotertechnischen Systemen und flexibler automatisierter Produktion. Von *I. N. Makarov* 5/235
Spieltheorie. Von *N. N. Vorob'ev* 5/236
Simulation bei der Struktursynthese komplizierter Systeme. Von *A. D. Cvirkun, V. K. Akinfiev* und *A. V. Filippov* 5/236
Applied Dynamics and CAD of Manipulation Robots. Von *M. Vukobratovič* und *V. Potkonjak* 5/236
Digital Control Systems. Von *C. H. Houpis* und *G. B. Lamont* 5/236
Formelsammlung zur Numerischen Mathematik mit Standard-FORTRAN-Programmen. Von *G. Engelen-Müllges* und *F. Reutter* 5/237
Meßelektronik. Von *H. Germer* und *N. Wefers* 5/237
Sparse Systems. Digraph approach of large-scale linear systems theory. Von *N. Andrei* 5/237
Leistungselektronik. Von *D. Anke* 5/237
Einführung in die Informationsverarbeitung. Von *G. Entreß* und *L. Entreß* 6/284
Lineare Kontrolltheorie. Von *H. W. Knobloch* und *H. Kwakernaak* 6/285
Nichtlineare Systemstatik. Von *V. I. Opojcev* 6/285
FTK '85 ..... 6/285
Sensoren in der textilen Meßtechnik 6/285
Lichtwellenleiter in Energie- und Automatisierungsanlagen. Von *D. Engelage* 7/333
Einheiten Maßsysteme SI. Von *D. Bender* und *E. Pippig* 7/333
Nach dem Willen des Zufalls. Von *L. Rastrigin* 7/333
Stochastische Suchverfahren. Von *P. H. Müller, V. Nollau* und *A. I. Polovinkin* 8/381
Echtzeitprogrammierung bei Automatisierungssystemen. Von *W. Schaufelberger, P. Sprecher* und *P. Wegmann* 8/381
Analyse und Synthese von Systemen zur automatisierten Steuerung mit Hilfe von EDV-Anlagen. Von *V. E. Bolnokin* und *P. I. Cinaev* 8/381
Wartungsgerechte Auslegung und Wartung der Ölhydraulik. Band 225 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Von *H. Winkler* ... 9/429
Laser-Doppler-Strömungsmessung. Von *H.-E. Albrecht* 9/429
Entwicklungsprinzipien und Struktur von SAPR (CAD). Von *I. P. Norenkov* 9/429
Meß- und Prüftechnik. Von *M. Zerbst* 9/429
Ingenieurpsychologische Gestaltungsprinzipien für die Automatisierungstechnik. Band 223 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Von *J. Ludwig* 10/475
Mikroelektronik und deren Bauelemente. Von *K.-P. Scholz* 10/475
CAD-Grundlagen. Von *R. Helmrich* und *P. Schwindt* 10/476
Steuerung robotertechnischer Systeme und flexibel automatisierter Produktion. Von einem *Autorenkollektiv* 10/476
Struktur — Automaten-Modelle technischer Systeme. Von *N. G. Malyšev* 10/476
Progress Report on Pattern Recognition. Von *C. J. D. M. Verhagen, R. P. W. Duin, F. C. A. Groen, J. S. Joosten* und *P. W. Verbeek* 10/476
Kinematics and Trajectory Synthesis of Manipulation Robots. Von *M. Vukobratovič* und *M. Kirčanski* 10/476
Algorithms, Software and Hardware of Parallel Computers. Von *J. Mikloško* und *V. E. Kotov* 10/477
Distributed Parameter Systems. Von *F. Kappel, K. Kunisch* und *W. Schappacher* 10/477
BASIC-Fibel. Von *H. Breuer* und *K. Breuer* 10/477
Analoge Schaltungen. Von *M. Seifart* 11/522
Netzwerkanalyse, Netzwerksynthese und Leitungstheorie. Von *G. Ulbricht* 11/522
Grundlagen elektrischer Betriebsvorgänge in Elektroenergiesystemen. Von *G. Koettnitz, G. Winkler* und *K.-D. Weßnigk* 11/522
Non-Adaptive and Adaptiv-Control of Manipulation Robots. Von *M. Vukobratovič, D. Stokič* und *N. Kirčanski* 11/523
Wie funktionieren Roboter? Von *W. Lorbeer* und *D. Werner* 11/523
Versuchsplanung bei der Untersuchung stochastischer Felder und Prozesse. Von *U. I. Brimkulov, G. K. Krug* und *V. L. Savanov* 11/523
Mathematische Verfahren der Regelungstechnik. Numerische Verfahren gezeigt mit dem HP 41. Von *P. Martin* 11/524
Stochastic Programming. Von *F. Archetti, G. Di Pillo* und *M. Lucertini* 11/524
Modellierung komplizierter Systeme auf der Grundlage von experimentellen Beobachtungen. Von *A. G. Ivachnenko* und *Ju. P. Juračkovskij* . 11/524
Mathematische Modellierung großer Systeme. Von *I. V. Maksimej* ... 11/525
Praxis der Softwareentwicklung. Von *G. Rothardt* 12/569
Sensoren — Fühler der Meßtechnik. Ein Handbnch der Meßwertaufnahme für den Praktiker. Von *G. W. Schanz* 12/569
Rechnergestützte Analyse von Störungen. Von *F. Baldeweg* und *A. Lindner* 12/570
Signal Processing für Control. Hrsg.: *K. Godfrey* und *P. Jones* 12/570
Systems: Decomposition, Optimisation and Control. Von *M. G. Singh* und *A. Titli* 12/570

10. Aus der Arbeit der WGMA

KDT-Temperaturmeßregeln 3/132
KDT-Fachtagung „Lokale Netze — Stand und Entwicklungen" 3/132
Temperatur '86 ..... 5/225
Entwurf und zuverlässiger Einsatz von Automatisierungssystemen — Bericht über die Jahrestagung 1986 der WGMA 5/226
CAD/CAM-Konferenz der WGMA 5/226
Fachunterausschuß 8.3 „Basissteuerungen" der WGMA gegründet ... 9/422
Neue Fachgremien in der WGMA 10/471

11. Tagungen und Kolloquien

5. Wissenschaftliche Konferenz „Anlagenautomatisierung" 1/40
9. Leipziger Automatisierungskolloquium „Einsatz von Mikrorechnern für Analyse, Entwurf und Simulation von Regelungssystemen" 2/92
Fachtagung „Anwendung von Mikrorechnern in der Meß- und Automatisierungstechnik" 3/133
10. Prager Konferenz über Informationstheorie, statistische Entscheidungsfunktionen und zufällige Prozesse 3/136
16. Internationales Symposium on Fault-Tolerant Computing (FTCS-16) 3/137
10. Leipziger Automatisierungskolloquium „Rechnergestützter Entwurf von Automatisierungsanlagen als System mit CAD-Modulen" ... 4/184
PARCELLA '86 ..... 4/184
Compiler-Compiler and Incremental Compilation 4/185
8th International Colloquium on Higher Education "The Teaching of Measurement and Instrumentation" 5/227
XI. Tagung „Fault-Tolerant Systems and Diagnostics (FTSD)" 6/282
3. IMEKO-Symposium „Theoretische Metrologie" 6/282
Arbeitstagung des Technischen Komitees TC 65 und des Subkomitees SC 65B der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) 6/283
7. Internationales Symposium mit technischer Ausstellung über elektromagnetische Verträglichkeit (EMC 1987) 9/423
Der Computer als intelligentes Arbeitsmittel 9/423

Internationales Symposium „Theory of Robots" 9/421
MECHATRONINFO '86 in Budapest 9/425
Jahrestagung '86 der Fachsektion 5 der GIDDR 10/471
IMEKO-Symposium „Major Problems of Present-Day Radiation Pyrometry" 10/472
10. IFAC-Weltkongreß 12/567

12. Messen und Ausstellungen

INTERKAMA 1986 ..... 4/186
Leipziger Frühjahrsmesse 1987 — Ein Rückblick 7/326
FAMETA '86 ..... 9/426
Messeneuheiten aus dem Kombinat MLW 10/473

13. Persönliches

Professor Dr. sc. nat. *Volker Kempe* zum Akademiemitglied gewählt ... 1/42
Dr. sc. nat. *Norbert Ahlbehrendt* zum Akademie-Professor ernannt 1/43
Ehrenpromotion für Professor Dr.-Ing. habil. *Harry Trumpold* 1/43
Manfred von Ardenne — 80 Jahre 4/188
Professor *Winfried Oppelt* — 75 Jahre 7/324
Gerda Schreiber 60 Jahre 7/325
Valentin Ferner verstorben 7/325
Goldene Ehrennadel der Kammer der Technik für Professor *H. Fuchs* .. 10/470
Dr.-Ing. *Gerhard Meister* zum 70. Geburtstag 12/568
Prof. Dr.-Ing. habil. *Manfred Schubert* verstorben 12/569

14. Dissertationen

Untersuchung von Mehrgrößensystemen auf der Basis der Eingangs-Ausgangs-Beziehungen — strukturelle und quantitative Kopplungsanalyse, Dekomposition und optimale Entkopplung. Von *H. Zietz* 1/44
Eine Anwendungsstrategie für robuste Tuning-Meßgrößenregler mit PI-Charakter. Von *U. Jumar* 5/228
Untersuchung und Weiterentwicklung von Algorithmen für Selftuning-Regler. Von *M. Lohöfener* 5/228
Die Rationalisierung der rechnergestützten operativen Produktionsplanung zur Erhöhung der Effektivität flexibler, integrierter Fertigungsabschnitte in Maschinenbaubetrieben. Von *Heike Belitz* 5/229
Ein Beitrag zur Simulation der Steuerung eines flexiblen Mikroelektronikmontageprozesses. Von *Marina Kießling* 5/229
Entwurf und Implementation eingebetteter Mikrorechnersteuerungen insbesondere für die Lebensmittelindustrie. Von *Sh. Daschdorsh* 5/230
Fuzzysteuerung von verfahrenstechnischen Prozessen mittels Beratungsrechner am Beispiel der An- und Abfahrsteuerung von Pyrolyseöfen. Von *G. Ahnert* 5/230
Projektierungsstrategie für Mikrorechner-Automatisierungsanlagen (MR-AA). Von *G. Müller* 6/284

15. Technische Informationen

5/231, 5/233, 9/426, 9/427, 11/517

16. Verschiedenes

Neue Bücher aus der UdSSR 1/48
2/96, 3/144, 4/192, 5/240, 6/288, 7/336, 8/384, 9/432, 10/480, 11/528, 12/576
100 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt/Physikalisch Technische Bundesanstalt 5/234
Zu Besuch im „Land der Morgenfrische" 8/376
msr stellt vor: Technische Universität Warschau, Fakultät Elektronik, Institut für Automatik 8/377
Aufbau der DDR-zentralen Gerätesammlung mit Publikationsschrift abgeschlossen 10/474
Gespräch mit *G. K. Krug* 11/518
msr stellt vor: Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen Sowjetrepublik (ANUSSR), Institut für Kybernetik „*V. M. Gluškov*" 11/520
Veranstaltungskalender 12/571

Lieferbar in zweiter, stark bearbeiteter Auflage

Nichtlineare Systeme der Regelungstechnik

Von Prof. Dr. sc. techn. Klaus Göldner und Prof. Dipl.-Ing. Stanislav Kubik DrSc.

Hochschulreihe Theoretische Grundlagen der automatischen Steuerung. 272 Seiten, 232 Bilder, 1 Tafel, Leinen, DDR 18,50 M, Ausland 26,— DM. Bestellangaben: 5531921/Göldner, Nichtl. Regelungen

In diesem Buch werden die wichtigsten Berechnungsverfahren nichtlinearer Systeme behandelt: die Methoden der Tangenten-, harmonischen und statistischen Linearisierung, die Analyse von Systemen in der Zustandsebene, die Theorien von Ljapunow und Popow. Dabei stehen vereinfachte Methoden, die dem Interesse des Praktikers dienen, im Vordergrund.
Die Auflage wurde gründlich überarbeitet und ergänzt. Die Darstellung der Grundlagen wurde ausgebaut. Aufgenommen wurde ein Abschnitt über praktische Verfahren zur Regelung nichtlinearer Systeme sowie ein Überblick über die Verfahren der analogen und digitalen Simulation.

Im Fachbuchhandel erhältlich

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Autorenverzeichnis 30 (1987) Nach Erstautoren geordnet; es sind nur Verfasser von Aufsätzen berücksichtigt

B

Balzer, D.; R. Müller:
Softwaretechnologie und Softwareprojektierung — Entwicklungstrends 2/50

Balzer, D.; W. Schwarz:
Betreiben von Software für Prozeßsteuerungssysteme 2/54

Balzer, D.; G. Reinig; St. Hauptmann:
Softwarewiederverwendung — ein notwendiges Grundprinzip effektiver Softwaretechnologie 2/60

Balzer, D.; V. Kirbach; B. Koch; H. Metz:
Zur Strukturierung hierarchischer Prozeßsicherungssysteme 5/203

Balzer, D.; B. Böhme:
Zum Einfluß der künstlichen Intelligenz auf Theorie und Praxis der Prozeßautomatisierung 12/530

Beichelt, F.; L. Sproß:
Funktionelle Darstellung der zuverlässigkeitstheoretischen Struktur technischer Systeme durch Orthogonalformen ihrer Strukturfunktion 11/496

Bennewitz, W. T.; Hoppe; H. Reichstein:
Rechnergestützter Entwurf von Zentraleinrichtungen 6/256

Bennewitz, W.; T. Hoppe; R. Leipold:
Rechnergestützter Arbeitsplatz „Verdrahtung von Automatisierungsanlagen" — erste Erfahrungen aus der Entwicklung und der Einführung 6/257

Beuschel, J.; W. Zuchhold:
P 8000 — Programmier- und Entwicklungssystem der EAW electronic. 10/455

Billerbeck, G.; L. Klinsmann:
Mikrorechner-Implementierung von MKQ-Algorithmen zur Parameterschätzung in adaptiven Systemen 8/370

Blau, J. R.; A. Weicker; R. Ehrlich; E. Schulze; U. Leifheit; K. Müller:
Entwurf eines Beratungssystems zur Diagnose und Prognose der operationellen Kompetenz des Operators in Mensch-Maschine-Systemen ... 12/550

Bocklisch, S. F.:
Beratungssysteme mit unscharfen Klassifikatoren und Klassifikatornetzen 8/344

Böhme, B.; I. Neumann:
Prozeßanalyse komplexer Systeme für den Entwurf von Echtzeitsoftware 2/82

Böhme, B.; D. Balzer:
Expertensysteme als integraler Bestandteil mikroprozessorgestützter Prozeßleittechnik 10/443

Böhme, B.; D. Balzer; U. Starke:
Expertensystem für die Produktionssicherung in einem Düngemittelwerk 12/564

Böhme, D.; J. Wernstedt:
Entwurfskonzepte für Beratungssysteme zur Lösung kybernetischer Aufgaben 12/535

Börner, U.; J. Nève:
Rechnergestützte Anfertigung von Ausrüstungslisten für Automatisierungsanlagen unter Verwendung des Bürocomputers A 5120/30 ..... 6/259

Brack, G.:
Zu den Grundaufgaben der Automatisierung 3/127

Breitmoser, H.-R.:
Ein nichtdispersives Modell zur Berechnung des Meßfehlers eines NDIR-Fotometers für Differenzmessungen 1/34

Bretthauer, G.; S. Römer:
Programmpaket zur Identifikation rückgekoppelter Mehrgrößensysteme im Frequenzbereich auf den Kleinrechnern K 1630 und SM 4-20 ..... 8/348

Buchta, H.:
Zweistufiges Verfahren zur Identifikation linearer dynamischer Systeme vom SISO-Typ für kurzperiodische Testfolgen 8/362

D

Dörl, C.; N. Trautwein:
Mikrorechnergestützte Fixierung einer Stelleinrichtung 6/262

Döschner, Ch.; J. Knorr:
Eine Variante der Identifikation multivariabler Systeme im geschlossenen Regelkreis unter Nutzung der Strukturinformation 8/367

Dragov, J.; N. Iliev; St. Katzarov; E. Georgiev:
Mikrorechner-Automatisierungsanlagen aus dem Institut für Technische Kybernetik und Robotertechnik Sofia 4/180

Drewelow, W.; M. Halwaß:
Experimentelle Ermittlung linearer Modelle zur Beschreibung der gesteuerten Schiffsbewegung 8/353

E

Engmann, U.; St. Drabek:
Spezifikationssprachen für Beschreibung und Entwurf von Automatisierungsanlagen 2/63

F

Fiedler, U.; F. Baldeweg:
Einsatz von Expertensystemen in der technischen Diagnostik 12/544

Fischer, J.:
Interaktives Programmpaket zur Analyse mehrdimensionaler Zeitreihen für SM 4 oder K 1630 ..... 9/409

Fischer, J.; H.-H. Wülfert:
Probleme und Methoden bei der Anwendung von Stackelberg-Strategien zur Steuerung komplexer Systeme mit hierarchischer Entscheidungsstruktur
Teil 1 ..... 8/338
Teil 2 ..... 9/406

Fritzsch, W.:
Durchgängig automatisierte Systemlösungen für die technische Vorbereitung und Steuerung der Produktion — Stand und Perspektive 11/489

Fuchs, H.:
Zum Verhältnis von künstlicher Intelligenz und Automatisierung 10/434

G

Gätke, J.:
Zur Durchflußmessung an geradlinigen Gerinnen mit kreisförmigem Querschnitt 10/463

Gatzmanga, H.; N. Gärtner:
Untersuchung zur Bestimmung des Übertragungsverhaltens von nichtdispersiven Infrarot-Gasanalysatoren 3/106

Gebert, Chr.:
Qualitätscharakteristika für Software und für rechnergestützte Automatisierungslösungen 2/89

Gola, K.:
Probleme der Signalfensterung bei der schnellen Fourier-Transformation 7/306

Göldner, K.:
Bemerkung zur robusten Nachlaufregelung 1/37

Götze, W.; J.-A. Müller:
Analyse und Vorhersage des monatlichen Elektroenergieverbrauchs im VE Fischhandel Berlin 8/373

Grauel, H.; H. Bauer; P. Metzing:
Erhöhung der Kompetenz des Betreiberpersonals — Ziel der zustandsorientierten Mensch-Prozeß-Kommunikation in Chemieanlagen 10/448

Graul, H.-P.; H.-G. Krauße:
Erfahrungen beim Einsatz rechentechnischer Hilfsmittel zur Projektierung von Binärsteuerungen 6/265

H

Haase, W.:
Erfahrungen beim Lösungsentwurf von audatec-Großverbundsystemen am Beispiel einer kommunalen Abwasserbehandlungsanlage 4/155

Habiger, E.; V. Hammer:
Ein CAD-System für speicherprogrammierbare industrielle Steuerungen 7/295

Halwaß, M.:
Selbsteinstellende „Pole-placement"-Regler
Teil I 3/117
Teil II 5/206

Häßner, H.:
Projektierung der Zuverlässigkeit im System audatec 4/151

Häßner, H.; P. Neumann:
Dimensionierung des Zuverlässigkeitsverhaltens von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen 4/170

Heising, R.; A. Zötzsche; C. Friedrich:
Der Steuerungsablaufplan als allgemeines Beschreibungsmittel für Binärsteuerungen und seine Anwendung bei der Projektierung des mikrorechnergestützten Prozeßleitsystems audatec 4/163

Heising, R.; Chr. Meischner:
Rechnergestützte Bearbeitung der MSR-Stellenliste 6/248

Herold, H.:
Kompromisse von Genauigkeit, Grenzfrequenz, Dauer und Häufigkeit bei der automatischen Selbstkalibrierung 9/394

Herrlich, O.:
Zu einigen theoretischen und praktischen Problemen bei der Durchsetzung von Softwaretechnologien in der DDR 2/74

Hiekmann, S.; P. Richter:
Analyse und Bewertung der Gesundheits- und Persönlichkeitsförderlichkeit der Tätigkeit von Operatoren in der Prozeßführung 9/398

Hoffmann, J.:
Meßeinrichtung zur Bestimmung von Parametern grobdisperser Stoffsysteme 11/500

Hoffmann, J.; G. Böttge:
On-line-Messung von Konzentrationsverteilungen 3/112

Hofmann, G.:
Zur Bedeutung des Bindestrichs in der englischen Fachsprache der Meßtechnik — Gesetzmäßigkeiten der Bildung von Mehrworttermini .. 3/128

J

Jumar, U.; H. Krüger:
Untersuchungen zur Regelungsstruktur eines Industrieofens 5/199

K

Kabitzsch, K.:
Mikrorechner PCC 5/21 zur Prozeßführung eines Netzbanddurchlaufbackofens 7/310

Kaiser, E.:
Applikation von temperaturempfindlichen Schichtwiderständen 3/110

Kieltyka, L.:
Einrichtung zur Messung der Gewebelänge in der laufenden Produktion 11/517
Kloust, H.:
Neue Ergebnisse der TGL-GOST-Abstimmungen 4/183
Kloust, H.:
Neue Festlegungen zu Kabeln und Leitungen für Automatisierungsanlagen 11/516
Kościelny, J. M.:
Diagnostische Tests in Automatisierungsanlagen 11/493
Kościelny, J. M.; P. Wasiewicz:
Ausgewählte Probleme des Entwurfs eines Diagnose- und Sicherungssystems für Mikrorechner-Automatisierungssysteme 3/122
Kriesel, W.; W. Richter; P. Gibas:
Feldbusnetze für Automatisierungssysteme mit intelligenten Funktionseinheiten 11/486
Kühn, H.:
Minimierung und Optimierung von logischen Schaltfunktionen bei Verwendung von Kleinstrechnern 9/420
Kulpe, O.; W. Weller:
Einsatz eines Industrieroboters als flexibler Leiterplattenbohrautomat mit bildschirmorientierter Teach-in-Programmierung 1/38

L

Langhans, J.:
Untersuchungen zur Optimierung von Vorprozessoren der stochastisch-ergodischen Meßtechnik 3/103
Lauenroth, H.-G.:
Szenarien für Personalcomputer zur Variation und Bewertung von Automatisierungsstrategien 1/113
Löffler, F.; R. Werthschützky:
Piezoresistive Drucksensoren für die Automatisierungstechnik
Teil I 5/194
Teil II 7/317
Lorenz, G.:
Verzögerungskorrektur diskontinuierlich erfaßter Signale 9/412
Lunze, J.:
Wissensbasierte Systeme
Teil 1: Einführung und Überblick 10/437
Teil 2: Einsatzmöglichkeiten in der Automatisierungstechnik 11/502
Lunze, J.; B. v. Kurnatowski:
Experimentelle Erprobung einer Einstellregel für PI-Mehrgrößenregler bei der Herstellung von Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung 1/2

M

Missala, T.:
Stand und Tendenzen der Automatisierungstechnik der VR Polen 11/482
Möller, B.; P. Schulz:
Praktische Untersuchungen zur kontinuierlichen Temperaturmessung in Stahlschmelzen 7/313
Müller, G.:
Projektierung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen als Informationssystem 1/15
Müller, G.:
Rechnergestütztes System der Planung des Auftragsdurchlaufs in der Projektierung von Automatisierungsanlagen 6/272
Müller, J.-A.:
Auswahl von Modellen optimaler Kompliziertheit 7/302
Müller, R.; U. Engmann; H. Wolf:
Aufbereitung und Prüfung der Aufgabenstellung — eine Voraussetzung für die Effektivität von CAD-Lösungen zur Projektierung automatischer Anlagen 6/242
Müller, V.; A. Dittrich:
Digitale Drehzahlregelung von stromrichtergespeisten Gleichstromantrieben 1/10
Müller, V.; A. Dittrich; U. Henze:
Simulationssystem DS-88 ..... 5/223

N

Neumann, I.; I. Heinrich:
Lösungsstrategie zur Realisierung von Expertensystemen in Dispatcherzentralen des Elektroenergiesystems 12/556
Neumann, P.:
Auslegung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen unter dem Echtzeit- und Zuverlässigkeitsaspekt 2/68
Neumann, P.; B. Dähmlow; A. Eckstädt:
Auswirkungen moderner Prinzipien der Gestaltung von Datenübertragungssystemen auf das Zeitverhalten von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen 4/170
Nevelö, S.:
Regelungstechnische Möglichkeiten zur Verbesserung des dynamischen Betriebsverhaltens von turboaufgeladenen Nutzfahrzeugdieselmotoren 11/512

O

Otto, P.; R. Puhlmann; D. Trippler; J. Wernstedt; S. Bergmann; E. Egelkraut; V. Parsiegla; V. Schmalfuß:
PROFIS — ein Beratungs-/Expertensystem zur rechnergestützten Prozeßführung der Fertigung von integrierten Schaltkreisen 12/547

P

Peschel, M.; W. Mende; F. Breitenecker:
Anwendung der diskreten Theorie der ratengekoppelten Systeme in der Regelungstechnik 7/322
Petersohn, U.; J. Pitschke; I. Rohner:
Nutzung von PROLOG zur Implementierung von Expertensystemen. 12/540
Petigk, J.:
Serielle Fertigungssysteme mit Zwischenspeichern 9/402
Pfeiffer, T.; F. Arendt:
Einsatz der Fachsprache Steuergraph-Mikro bei der Realisierung eines Steueralgorithmus für einen Fertigungskomplex 5/213
Pönigk, D.; H.-P. Schötz:
Interaktives Mikrorechnerprogrammsystem für Echtzeitidentifikationsaufgaben 8/359

R

Rauchhaus, K.-H.; G. Reinemann; W. Weiß; J. Briesovsky:
Expertensysteme für die rechnergestützte Projektierung verfahrenstechnischer Anlagen 12/560
Rudolf, D.:
Steuerprogramm- und Programmiersystem SPS 6000 für Fertigungskomplexe 5/211

S

Sawatzky, J.:
Dimensionierung von Bussystemen in Mikrorechner-Automatisierungsanlagen 4/166
Schäbe, H.:
Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit von *k*- aus *n*-Systemen 5/221
Schennerlein, B.:
Automatische Erkennung und Behebung von Prozeßstörungen während der spanenden Bearbeitung durch Funktionserweiterung der Seriensteuerung CNC 600-1 ..... 1/29
Schlüter, H.:
Synthese von Dolph/Tschebyschew-Gruppenstrahlern unter Benutzung der diskreten Fourier-Transformation 9/417
Schmiele, J.:
Schnittstellenbetrachtung für die Einführung von CAE-Systemen in den Automatisierungsanlagenbau 6/268
Schnell, U.; Tobian, Th.:
Prozeßleitsystem audatec — Systemübersicht 4/146
Schönitz, A.:
Steuerprogramm Analogeingabe SPAE 9226 für die analoge Eingabebaugruppe AEE K 9226 ..... 5/217
Schulz, P.; B. Möller:
Kontinuierliche Temperaturüberwachnng von Stahlschmelzen 3/98
Stadler, E.:
Ein numerisch stabiles Verfahren zur Lösung von Zustandsgleichungen 11/514
Stahn, H.:
Flexible, evolutionsfähige Steuerung — Prämisse flexibler Produktion. 6/280
Stechert, H.:
Erarbeiten von Funktionsschaltplänen 6/251
Strüver, M.:
Weiterentwicklung der rechnergestützten Projektierung von Binärsteuerungen auf der Basis der binären Prozeßanalyse 6/277

T

Töpfer, H.:
Bemerkungen zur Einheit von Hardware, Software und Entwurfshilfsmitteln 6/246

U

Uhlig, J.:
Verallgemeinerte Prädikatorregelung für Totzeitsysteme mit aperiodischem Einschwingverhalten — Anforderungen an die Prozeßmodellierung 8/341
Unbehauen, H.:
KEDDC — Ein Programmsystem zur rechnergestützten Analyse und Synthese von Regelsystemen 2/78

V

Vöckel, E.:
Optimierung drehzahlgeregelter elektrischer Antriebe mit drehelastischer Mechanik
Teil 1 ..... 9/386
Teil 2 ..... 10/460

W

Wandel, H.:
Fehlerermittlung bei Durchflußmessungen 3/130
Weller, W.:
Lernfähige Automaten mit adaptiver Zufallssuche 11/509

Z

Zietz, H.:
Abschätzung der oberen Frequenzgruppe für die Stabilitätsanalyse von Mehrgrößenregelungen 1/7
Zipser, L.; K. Franke:
Zur Bildaufnahme in der Meßmikroskopie 7/290

In zweiter, bearbeiteter Auflage

Grundlagen der automatischen Steuerung

Leitfaden und Aufgaben aus der Elektrotechnik

Von Prof. Dr.-Ing. habil. Rolf Schönfeld. 204 Seiten, 155 Bilder, 19 Tafeln, Leinen, DDR 15,— M, Ausland 26,— DM. Bestellangaben: 5537602/Schönfeld, Steuerung

Der Autor verfolgt mit diesem Buch das Ziel, den in der Praxis tätigen Ingenieur, insbesondere den Elektroingenieur, mit den Grundlagen der Automatisierungstechnik so weit vertraut zu machen, daß sich daraus unmittelbare Hilfe bei der Lösung konkreter Probleme ergibt.

Das Werk ist in neun, in sich abgeschlossene Abschnitte gegliedert, die logisch aufeinander aufbauen. Zu jedem Abschnitt gibt es eine kurzgefaßte Einführung (Leitfaden) und durchgerechnete praxisnahe Beispiele. Ausgewählt wurden die in der Elektrotechnik angewandten Methoden und Verfahren. Die dargestellten Methoden betreffen nicht nur die Elektrotechnik, sondern spielen auch in anderen ingenieurtechnischen Disziplinen eine Rolle.

Entsprechend der aktuellen Entwicklung zum Einsatz digitaler Regelungen auf der Basis von Mikrorechnern werden Verfahren zur Analyse und Synthese kontinuierlicher und diskontinuierlicher Systeme parallel behandelt. Analogien und Unterschiede werden herausgearbeitet und tragen zum Verständnis der grundsätzlichen Zusammenhänge bei. Es werden sowohl Frequenzmethoden als auch Methoden des Zustandsraumes zur Analyse und Synthese genutzt. 155 instruktive Bilder veranschaulichen die Zusammenhänge. Auf 19 Tafeln sind Rechenregeln, charakteristische Parameter, normierte Kennlinien übersichtlich als Arbeitsmittel zusammengestellt.

Bei dieser Auflage wurden einige Abschnitte überarbeitet bzw. neu gefaßt sowie textliche Präzisierungen vorgenommen.

Übersicht der Hauptabschnitte:

Prozeßanalyse und Modellbildung · Analyse und Synthese kontinuierlicher Übertragungsglieder · Analyse und Synthese diskontinuierlicher Übertragungsglieder · Entwurf kontinuierlicher, linearer Regelkreise · Entwurf kontinuierlicher Regelkreise mit einfachen Nichtlinearitäten · Entwurf diskontinuierlicher Regelkreise · Entwurf optimaler Regelungen im Zustandsraum · Entwurf einfacher adaptiver Regelungen · Grundsätze zur Automatisierung technologischer Prozesse.

Lieferbar in der Reihe Betriebspraxis

Wickelanschlußtechnik

Von Prof. Dr. sc. techn. Wolfgang Scheel und Dr.-Ing. Hans-Jürgen Albrecht. 132 Seiten, 134 Bilder, 42 Tafeln, Broschur, DDR 13,50 M, Ausland 13,50 DM. Bestellangaben: 5531753/Scheel, Wickelanschluß

Der ständig steigende Einsatz der Mikroelektronik zur Steuerung und Regelung der Prozesse stellt für die Verbindung der Bauelemente erhöhte Anforderungen an die Qualität und Zuverlässigkeit. Eine der progressivsten mechanischen Anschlußtechniken ist die Wickelanschlußtechnik. Gegenüber dem Löten bietet der Wickelanschluß eine erhöhte Zuverlässigkeit der elektrisch leitenden Verbindungen und eignet sich besonders für die Automatisierung der Herstellung dieser Verbindungen. Die Broschüre bietet technologische und anwendungsbezogene Informationen und gibt darüber hinaus Hinweise zur Substitution von Kupferschaltdrähten durch hochfeste Aluminiumwerkstoffe.

Im Fachbuchhandel erhältlich

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Die Redaktion msr ist bemüht, eingereichte und geeignete Beiträge möglichst fehlerfrei und ohne zusätzliche Verzögerung zu veröffentlichen. Aus diesem Grunde bitten wir unsere Autoren, die folgenden Manuskripthinweise zu beachten.

Abnahme

Der Autor erklärt sich mit den Abnahmebedingungen (siehe Impressum jedes Heftes) einverstanden. Er übernimmt die Verantwortung dafür, daß die dargelegten Aussagen zur Veröffentlichung freigegeben und fachlich korrekt sind. (Freigabeerklärung durch den Betrieb oder die Institution ist generell beizufügen!) Eingereichte Manuskripte werden vor der Abnahme von Spezialisten des betreffenden Fachgebietes begutachtet.

Umfang und Form

msr gliedert sich in einen Aufsatzteil (Zweispaltensatz) und einen Rubrikenteil (Dreispaltensatz). Beiträge für den Aufsatzteil sollten nicht mehr als 12 Schreibmaschinenseiten (zweizeilig, 30 Zeilen mit 60 Anschlägen) umfassen. Kurzbeiträge (verkürzte Bearbeitungsfrist!) sind auf 3 Schreibmaschinenseiten und 2 bis 3 Bilder oder Tafeln zu begrenzen. Das Manuskript ist der Redaktion in zweifacher Ausfertigung (Original und Kopie von Text-, Bild- und Tafelvorlagen) in einer aus der Sicht des Autors **druckreifen Form** zu übergeben.

Inhalt

Eine allgemeinverständliche verbale Einleitung, die Anliegen und grundsätzliche Aufgabenstellung des Beitrags erläutert, soll einem breiten Leserkreis einen Anreiz zum Weiterlesen geben. Eine informative Zusammenfassung am Ende des Beitrags soll markante Ergebnisse und einen Ausblick auf anknüpfende Aufgaben und Probleme sowie weitere Entwicklungen geben.
Der Autor sollte sich um Anwendungsbezogenheit bemühen und theoretische Erkenntnisse an praktischen bzw. praxisrelevanten Beispielen demonstrieren.

Text

Der unpersönlich abgefaßte Text (ohne „wir", „ich" usw.) soll möglichst wenige allgemeinsprachliche Abkürzungen enthalten (nur gemäß Duden). Fachspezifische Abkürzungen sind zu erläutern. Ganze Worte in Großbuchstaben sind nur bei in dieser Form eingeführten Begriffen (z. B. BASIC, PASCAL usw.) zu verwenden. (Gilt auch für Bilder!)
Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit ist der Beitrag nach dem Dezimalsystem, beginnend mit „**0. Einleitung**" zu gliedern, wobei die Gliederungspunkte mit kurzen und prägnanten Überschriften zu versehen sind. Die **Zusammenfassung** wird nicht numeriert. Deutlich ist zwischen den Buchstaben und Ziffern o, O, 0 und 1, I, l zu unterscheiden. Mit einem Textverarbeitungssystem erstellte Manuskripte können nur abgenommen werden, wenn der Zeichensatz dem vollständigen deutschen Alphabet entspricht („ß", Umlaute).

Gleichungen

Gleichungen sollten möglichst TGL-gerecht geschrieben werden (TGL 29447, TGL 6710/01). Symbole und spezielle Zeichen (Indizes, Exponenten, geschweifte Klammern usw.) sind sorgfältig anzugeben (auch im Text). Griechische Buchstaben (Schreibweise siehe Duden) oder andere Zeichen, die zu Verwechslungen Anlaß geben, können mit Bleistift in Doppelklammern ((...)) erläutert werden. Vektoren (Kleinbuchstaben), Matrizen und Mengen (Großbuchstaben) sind schwarz zu unterstreichen, sie werden halbfett gedruckt. Gleichungen werden in der Reihenfolge des Auftretens mit einer Nummer versehen, die rechts in runden Klammern anzugeben ist. Der Bezug auf eine Gleichung im Text erfolgt nur durch die Angabe der Nummer in runden Klammern, ohne Zusätze wie Gleichung, Glg., Formel oder ähnliches.

Bilder

Bilder lockern den Text auf und sollen deshalb in einer angemessenen Relation zum Text stehen. In der *msr* wird durchgängig der Begriff Bild verwendet. Bilder werden dem Text entsprechend fortlaufend numeriert. Die Textstelle, an der das Bild erwähnt wird bzw. wo es eingeordnet werden soll, wird auf dem linken Rand mit der Bildnummer (z. B. B. 1 für Bild 1) gekennzeichnet. **Bildunterschriften** werden auf einem gesonderten Blatt zusammengestellt. Bilder sind vom Text getrennt beizufügen. Strichzeichnungen müssen klar, sauber und mit hohem Kontrast ausgeführt sein. (Einschlägige Vorschriften, Fachstandards, TGL beachten!). Alle Vorlagen werden nochmals umgezeichnet, deshalb genügen Bleistiftskizzen. Bitte keine Farbstifte verwenden! Rechnerausdrucke (Programmauszüge, Listen, Grafik), die als Original verwendet werden sollen, sind auf weißem Papier herzustellen (auf sauberes Druckbild achten!). Bei der Bildgestaltung ist zu berücksichtigen, daß Bilder in der Regel auf 8,4 cm Bildbreite (weitere Vorzugsmaße 5,3 cm, 13,0 cm, 17,4 cm) verkleinert werden. Bei Bildern mit sehr hohem Textanteil ist die Darstellung als Tafel zu erwägen. Fotos (Halbtonbilder) müssen in reproduzierbarer Form (ausschließlich schwarz/weiß) vorliegen.

Tafeln

Tafeln werden ebenfalls mit fortlaufender Numerierung vom Manuskript getrennt beigefügt. Jede Tafel wird mit einer **Tafelüberschrift** versehen (z. B. **Tafel 1. . . .**). Wie bei Bildern ist im Text auf die Tafel hinzuweisen, auf dem linken Rand wird z. B. T. 1 (für Tafel 1) angegeben.

Literatur

Auch die Literaturverweise werden im Text fortlaufend gekennzeichnet. Die Numerierung erfolgt in eckigen Klammern, z. B. [1]; [1] [5] und [9]; [1] bis [4]. Die Literaturhinweise werden auf einem Extrablatt entsprechend folgenden Beispielen zusammengestellt:

Literatur

[1] *Schulz, P.*; *Möller, B.*: Kontinuierliche Temperaturüberwachung in Stahlschmelzen. msr, Berlin 30 (1987) 3, S. 98–102.
[2] *Töpfer, H.*; *Besch, P.*: Grundlagen der Automatisierungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1987.

Bei Literatur in kyrillischer Schrift sind Autor und Originaltitel zu transliterieren (siehe Duden). Bei fremdsprachigen Titeln (außer englischen) ist die deutsche Übersetzung in Klammern zu setzen.

Autorenkurzvorstellung

Dem Beitrag ist eine Kurzvorstellung des Autors mit den Angaben: Titel, Vorname, Name, Alter (Geburtsdatum), Studium (Fachrichtung, Bildungseinrichtung, Zeitraum), weitere Qualifikationen (Promotion o. ä. mit Datum), Arbeitsstellen, jetzige Dienststellung beizulegen.

Fußnoten

Fußnoten werden im Text fortlaufend numeriert (z. B. . . .[1])) und auf einem Extrablatt zusammengefaßt.

Kurzfassung

Für Beiträge des Aufsatzteils ist eine etwa 8zeilige Zusammenfassung für den Inhaltsstreifen erforderlich.

Weitere Bearbeitung

Das redaktionell bearbeitete Manuskript wird bei Bedarf neu geschrieben. Der Autor erhält eine Kopie dieser Umschrift und Xerokopien der Strichzeichnungen zugeschickt. Korrekturen und geringfügige Änderungen (nur jetzt noch möglich) sind mit Farbstift einzutragen und das Manuskript ist bis zum angegebenen Termin an die Redaktion zu senden. Von Beiträgen des Aufsatzteils erhält der Autor zwei Druckfahnen, von denen eine korrigiert *schnellstmöglich* der Redaktion msr (VEB Verlag Technik Berlin) zuzuleiten ist.
Telefonische Vorabmitteilung der Korrekturen ist erwünscht!
Der Autor erhält von seinem Beitrag (unverbindlich!) kostenlos je nach Umfang der Arbeit 10 bis 20 Fortdrucke sowie ein Belegexemplar des entsprechenden Heftes der msr.

D. Balzer; B. Böhme; W. Haselbauer

Mensch-Maschine-Kommunikation bei der Prozeßsteuerung

0. Einleitung

Die Gestaltung der Kommunikation zwischen Operator und dem automatisierten Produktionssystem gewinnt entscheidende Bedeutung bei der Realisierung wichtiger Funktionen der Prozeßsteuerung (Prozeßstabilisierung, -optimierung und -sicherung). Heute spricht man bereits von der Forderung nach einer kommunikationsgerechten Prozeßsteuerung. Die modernen technologischen Prozesse stellen aufgrund ihrer hohen Prozeßgeschwindigkeit, ihrer starken technologischen Integration und ihrer geringen Stabilitätsreserven erhöhte qualitative Anforderungen an die Geschwindigkeit, Genauigkeit und Zuverlässigkeit der menschlichen Reaktion.

Andererseits ist die Prozeßrechentechnik aufgrund ihrer „Intelligenz" in der Lage, eine Vielzahl unterschiedlicher Kommunikationsstrategien zu realisieren [1] bis [6]. Es stellt sich deshalb die Frage nach den optimalen Einsatzmöglichkeiten solcher Kommunikationsmittel, wie Bildschirm- und Sprachkommunikation, sowie nach objektiven Bewertungsfaktoren für die Gestaltung der Mensch-Maschine-Kommunikation (MMK) zur Schaffung einer optimalen Kommunikationstechnologie.

1. Zuverlässigkeit von Operatorhandlungen unter dem Aspekt der MMK

Während die Geschwindigkeit und Genauigkeit einzelner Operatorhandlungen relativ leicht eingeschätzt bzw. gemessen werden kann, ist die Zuverlässigkeit der MMK eines komplexen Systems schwieriger zu bewerten und zu erfassen. Insbesondere ist die stets individuelle Informationsverarbeitung des einzelnen Operators, basierend auf seinen Kenntnissen, Fähigkeiten und Erfahrungen mit der technischen Anlage, die in der Regel für die vom Operator ausgeführten Steuerungsstrategien entscheidend sind, nur schwer zu erfassen.

Im realen Steuerungsprozeß ist die Operatortätigkeit selbst unter idealen Bedingungen stets fehlerbehaftet. Diese Fehler resultieren aus unzureichenden bzw. ungenauen Steuereingriffen des Operators als Reaktion auf auftretende Störgrößen und sind für den Normalbetrieb einer Anlage typisch und auch zulässig, solange ein festgelegter Arbeitsbereich nicht verlassen wird. Führen nun die Ungenauigkeiten in der Operatortätigkeit zu Überschreitungen zulässiger Toleranzgrenzen, so muß das als Störung im automatisierten Steuerungssystem (ASUTP) und als Ausfall des Operators gewertet werden. Entsprechende Untersuchungen zeigten, daß den Hauptanteil der Operatorfehler zufällige Fehler bilden und der Anteil der systematischen Fehler besonders bei groben Operatorfehlern sehr gering ist. Daraus folgt, daß eine wesentliche Erhöhung der Zuverlässigkeit der MMK nicht durch Erhöhung der Genauigkeit der Prozeßrechentechnik (einschließlich Feldtechnik), sondern nur durch eine Verbesserung des Dialoges „Mensch — Rechner" erreicht werden kann.

Begrenzt man die Beobachtungen zur MMK auf die Informationsübertragung zwischen Prozeßrechner und Mensch mittels moderner Bildschirm- und Sprachkommunikation und analysiert dieses System, so erhält man das im Bild 1 dargestellte Zuverlässigkeitsersatzschaltbild. Die hier dargestellte einfache Serienstruktur spiegelt die objektive Realität allerdings nur näherungsweise wider, da die Zuverlässigkeit der MMK durch eine Vielzahl miteinander verbundener Faktoren geprägt wird. So können einerseits sowohl Fehler des Operators als auch Hardware- und Softwarefehler direkt zum Ausfall der MMK und damit zum Ausfall des automatisierten Steuerungssystems führen, andererseits kann der Operator eine Störung des Prozeßrechnersystems herbeiführen bzw. das Automatisierungssystem einen Operatorausfall provozieren, was dann erst zum Ausfall des ASUTP führt. Offensichtlich sind die Zuverlässigkeitscharakteristika der einzelnen Komponenten des MMK-Systems nicht unabhängig von außerhalb dieses Systems auftretenden Hardware- und Softwarefehlern.

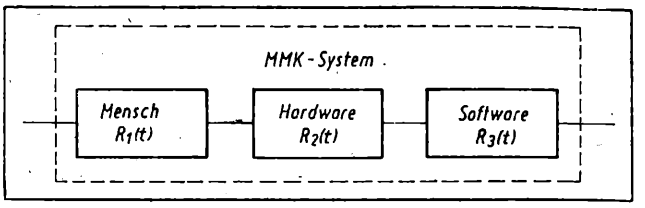


Bild 1. Zuverlässigkeitsersatzschaltbild

Es besteht allerdings auch die Möglichkeit, daß zum einen der Operator die Auswirkung einer Störung im Prozeßrechnersystem auf die zu steuernde Anlage verhindert oder zum anderen der Rechner Operatorfehler erkennt und solche fehlerbehaftete Steuereingriffe nicht zuläßt.

Die MMK muß deshalb so aufgebaut werden, daß sie neben ihren funktionellen Aufgaben optimale Bedingungen zur Fehlererkennung durch den Operator im Gesamtsystem des ASUTP bietet und entsprechende Eingriffsmöglichkeiten durch den Operator vorsieht. Der Ersatz des Zuverlässigkeitsschaltbildes nach Bild 1 durch eine kompliziertere Struktur erscheint zum gegenwärtigen Erkenntnisstand wenig sinnvoll, da neben der Struktur vor allem Abstufungen zum Grad der Abhängigkeit zwischen einzelnen Komponenten eingeführt und darüber hinaus für alle Kanäle Zuverlässigkeitscharakteristika (Ausfall- und Reparaturraten) ermittelt werden müßten.

Legt man dennoch Bild 1 als MMK-Zuverlässigkeitsersatzschaltbild für weitergehende Untersuchungen zugrunde, ergibt sich über die bekannten Beziehungen der Theorie der Zuverlässigkeit

$$R(t) = R_1(t)\, R_2(t)\, R_3(t) \tag{1}$$

sowie die Ausfallrate

$$\lambda(t) = \lambda_1(t) + \lambda_2(t) + \lambda_3(t)\,. \tag{2}$$

$R_1(t)$ Operatorfehlerwahrscheinlichkeit; $R_2(t)$ Hardwareausfallwahrscheinlichkeit; $R_3(t)$ Softwareausfallwahrscheinlichkeit; $\lambda_1(t)$, $\lambda_2(t)$, $\lambda_3(t)$ zugehörige Ausfallraten

Damit wird die für die Abschätzung der Hardwarezuverlässigkeit übliche stochastische Betrachtungsweise auf die Software und den Operator übertragen. Die Ausfallrate der Hardware ist bekannt bzw. in der Literatur beschrieben.

Während die Zeitabhängigkeit der Ausfallrate der Software bereits untersucht wurde [12], muß die der MMK noch näher analysiert werden. Zu diesem Zweck wurde die Anzahl der MMK-Fehler im Bildschirmdialog festgestellt. Damit erhält man in Abhängigkeit vom betrachteten Zeitraum unterschiedliche, sich überlagernde Dichtefunktionen (Fehlerhäufigkeit je Zeiteinheit) für einen Tag bzw. Schichtzyklus und einen Langzeitzyklus. Auf den Langzeitzyklus haben vornehmlich die Lern- und Trainingseffekte des Operators beim Umgang mit der Anlage Einfluß (entspricht dem Detaillierungsgrad des geistigen Anlagenabbildes, das der Operator mit sich führt), während der Tages- bzw. Schichtzyklus (Kurzzeitzyklus) im wesentlichen von der Leistungsbereitschaft und dem Ermüdungsgrad des Anlagenfahrers bestimmt wird. Den Verlauf der Fehlerrate im Langzeitzyklus

---

Prof. Dr. sc. techn. *Dietrich Balzer* (45) studierte von 1961 bis 1965 Automatisierungstechnik am Leningrader Technologischen Institut (LTI). Danach Aspirant am LTI. 1969 Promotion A, 1976 Promotion B. 1969 bis 1975 stellvertretender Direktor des Automatisierungs- und Rationalisierungszentrums im VEB PCK Schwedt. 1975 Berufung zum Dozenten an die Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig. 1978 Berufung zum ordentlichen Professor. Seit 1979 Prorektor für Naturwissenschaften und Technik an der TH Leipzig.

Doz. Dr. sc. techn. *Berndt Böhme* (39) studierte von 1967 bis 1972 an der Hochschule für chemischen Maschinenbau Moskau, Fachrichtung Automatisierung chemischer Prozesse. 1975 Abschluß einer Direktaspirantur (Dr.-Ing.) an der gleichen Hochschule auf dem Gebiet der optimalen zyklischen Steuerung von Stofftrennprozessen. Von 1975 bis 1978 Industrietätigkeit. Ab 1978 Oberassistent an der Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig und seit 1984 Dozent an der gleichen Einrichtung. 1983 Promotion B.

Dr.-Ing. *Wolfgang Haselbauer* (43) absolvierte von 1971 bis 1976 ein Fernstudium an der Ingenieurhochschule Mittweida. Von 1979 bis 1985 Problemanalytiker an der Technischen Hochschule Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen. Seitdem wissenschaftlicher Assistent an der gleichen Einrichtung. 1986 Promotion A.

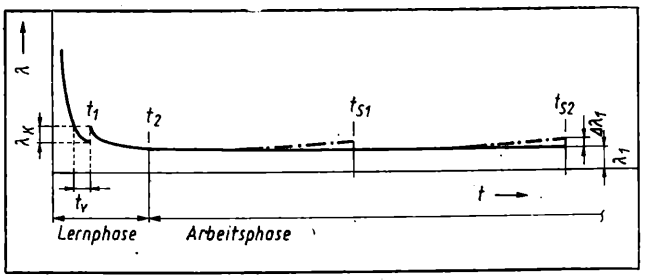


Bild 2. Fehlerrate im Langzeitzyklus

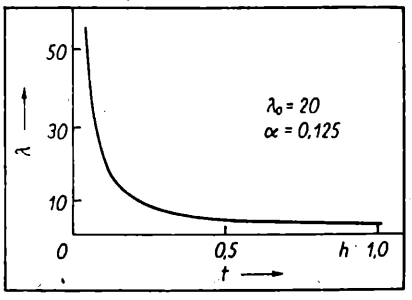


Bild 3. Fehlerrate in der Lernphase

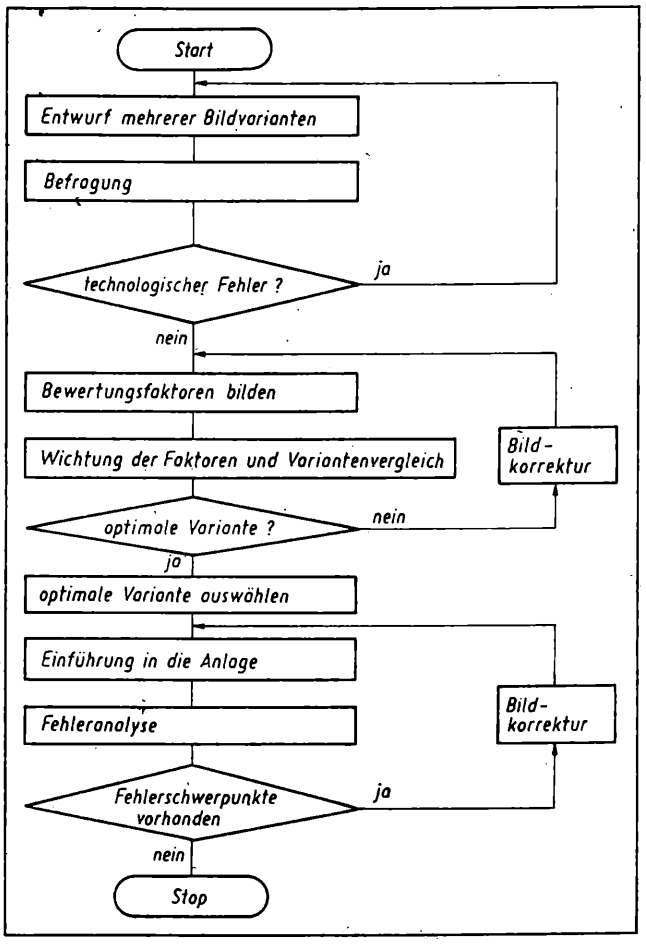
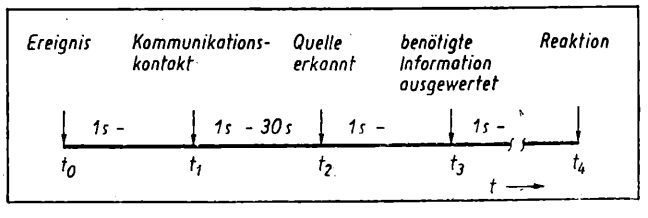


Bild 4. Ablaufplan der Bildbewertung

Bild 5. Zeitlicher Arbeitsablauf bei der Bildbewertung



zeigt Bild 2. Er umfaßt eine Lernphase, während der der Operator die angebotenen Informationen in Form und Umfang kennenlernt und ihre Anwendung trainiert. Werden Änderungen in der Form der Ausgaben vorgenommen, ergeben sich Unstetigkeitsstellen in der Funktion (t_1). Praktisch bedeuten sie eine Zeitverzögerung des Zeitpunktes t_2, der das Ende der Lernphase darstellt, um den Zeitraum t_v. Betrachtet man die Lernphase unter der Voraussetzung, daß keine Bildänderungen vorgenommen werden und trägt die Fehlerrate über der Zeit auf, erhält man den im Bild 3 gezeigten Verlauf. Er entspricht nach dem bisherigen Erkenntnisstand einer Weibull-Verteilung mit der Fehlerrate

$$\lambda(t) = \alpha\lambda_0 t^{\alpha-1}. \qquad (3)$$

Der quantitative Verlauf im Bild 3 kann aufgrund der spezifischen Eigenschaften jedes einzelnen Bildes und der zu beschreibenden Anlage nicht verallgemeinert werden. Der qualitative Verlauf hingegen kann in gewissen Grenzen als gesichert angesehen werden.

Nach Abklingen der Lernphase erfolgt der Übergang in die Arbeitsphase. Unter Bedingungen eines ständigen Trainings (entsprechend dem Prinzip des aktiven Operators) stellt sich ein gewisses Gleichgewicht zwischen „Lernen" und „Vergessen" beim Operator ein. Das führt zu einer konstanten Fehlerrate. Ihre absolute Größe ist abhängig von Struktur und Umfang der Anlage, der Qualität der MMK und der Anzahl der notwendigen Bedienhandlungen je Zeiteinheit. Für diesen Fall ($\alpha = 1$) geht die Weibull-Verteilung in die bekannte Exponentialverteilung mit $\lambda(t) = \lambda_0 =$ konst. über.

In automatisierten Anlagen, die keine ständigen Bedienhandlungen verlangen, also unter den Bedingungen des über größere Zeiträume passiven Operators [7] und [8], trifft dieses Fehlverhalten nur für „Routinehandlungen" zu. In kritischen unvorhergesehenen Situationen werden infolge mangelnden Trainings (Informationsverlust oder Mängel im geistigen Anlagenabbild) die Fehlerraten um den Betrag $\Delta\lambda_1$ (Bild 2) ansteigen. Erfahrungsgemäß handelt es sich dabei um gefährliche MMK-Fehler infolge von Fehlentscheidungen durch Interpretationsfehler oder fehlerhafter Informationsaufnahme. Eine Möglichkeit einer objektiven Bewertung der MMK unter diesen Gesichtspunkten wird im folgenden dargestellt.

2. Bewertung der MMK

Die Bildgestaltung ist in starkem Maße subjektiv geprägt. Sie ist abhängig vom persönlichen Geschmack des Problemanalytikers bzw. Anlagenfahrers über die Bildgestaltung und seiner subjektiven Vorstellungen über Prozeßlenkung. Neben dem weitgehenden Ausschalten dieses subjektiven Faktors soll die Bildbewertung die Möglichkeit bieten, über statistische Parameter, gewonnen in Testreihen beim Bildentwurf oder im Betriebsregime über Fehleranalysen, eine Bildoptimierung durchzuführen. Klassifiziert man die im Betriebsregime auftretenden Fehler, so müssen die Bildbewertungsfaktoren in Korrespondenz mit diesen Fehlerkategorien stehen. Durch diese Abhängigkeit wird es möglich, eine gezielte Zuverlässigkeit durch Verbesserung des Bildaufbaus oder durch den Einbau von MMK-Redundanzen zu erreichen bzw. im Bildentwurfsstadium einen Variantenvergleich durchzuführen. Da der Charakter von Bildschirmausgaben abhängig ist von der darzustellenden Anlage und der zu realisierenden Automatisierungsfunktion, ist eine absolute Bildbewertung kaum möglich. Die Bildbewertungsfaktoren dienen demzufolge dem Variantenvergleich einzelner Bilder einer Anlage, bezogen auf eine vorgegebene Tätigkeit des Anlagenfahrers mit dem Ziel der Zuverlässigkeitserhöhung der Informationsstrecke Bildschirm — Mensch. Die benutzten Bewertungsfaktoren gestatten neben einer subjektiven Grobeinschätzung die Bewertung der Schirmausnutzung sowie die Gewinnung von Aussagen über die Entdeckbarkeit, die Darstellungsart, die Informationszusammenstellung und die Wirksamkeit der Kommunikationskontaktaufnahme. Den funktionellen Ablauf der Bildbewertung zeigt Bild 4.

2.1. *Subjektive Bildbewertung*

Da in der Regel Problemanalytiker und Anlagenfahrer nicht die gleiche Person sind, können grobe technologische Fehler, die

aus einer fehlerhaften Problemanalyse resultieren, auf einfache und zeitsparende Art durch eine Expertenbefragung beseitigt werden. Die Einbeziehung des Anlagenpersonals in den Bildaufbau gestatten zudem ein frühzeitiges Einarbeiten in die neue Technik, das Abbauen psychologischer Barrieren gegenüber der neuen Technik und damit eine positive Motivation des Anlagenpersonals. Die Befragung findet günstigerweise am Ende der ersten Bildentwürfe statt und liefert für die zur Diskussion gestellten Bilder ausschließlich den Beweis ihrer „Brauchbarkeit" aus technologischer Sicht für die entsprechende Anlage. Die Befragung stellt somit die erste Stufe der Bildbewertung dar.

2.2. Objektive Bewertung des Bildaufbaus (Entwurfsphase)

Der objektive Teil der Bildbewertung erfolgt über die 4 Kennziffern

- *Aufmerksamkeitserregung* zur Kontaktaufnahme zum Bildschirm
- *Informationsentdeckung*
- *Informationsdarstellung* auf dem Bildschirm
- *Informationszusammenstellung.*

Den Kennziffern liegen die zeitlich nacheinander vom Operator durchgeführten Arbeitsabläufe bei der Bildbewertung zugrunde (Bild 5). Sie stellen einen Zeitabschnitt innerhalb der Reaktionszeit des Operators auf eine Änderung im Bildinhalt dar. Der Zeitraum $t_0 \rightarrow t_1$ beginnt mit dem Eintritt eines Ereignisses, das zu einer Änderung im Bild führt und endet mit dem Zeitpunkt des Erkennens, daß sich eine Information geändert hat. Die Reaktionszeit des Operators liegt in diesem Zeitraum zwischen etwa 1 s für unmittelbare Reaktion und ∞ im Fall des Nichterkennens. $t_1 \rightarrow t_2$ umfaßt den Zeitraum des Erkennens, an welcher Stelle des Bildschirms die Änderung vorliegt einschließlich des Erkennens der realen Informationsquelle in der realen Anlage. $t_2 \rightarrow t_3$ wird zur Auswertung der angebotenen Information benötigt. Die Auswertung kann unter Umständen bei falsch ausgewählter Darstellungsart nicht durchführbar sein (z. B. benötigte numerische Größe — angebotene Information: Diagramm zu geringer Auflösung).
$t_3 \rightarrow t_4$ vergeht bis zur endgültigen Reaktionsfähigkeit z. B. in Form eines Stelleingriffes o. ä.
Für diesen Zeitraum können unter Umständen eine Vielzahl von Informationsauswertungen notwendig sein.
Die Reaktionszeiten $t_0 \rightarrow t_2$; $t_0 \rightarrow t_3$ können problemlos durch geeignete Aufgabenstellung im Labor gemessen werden, während der Zeitraum $t_0 \rightarrow t_1$ unter Praxisbedingungen ermittelt werden muß, da er in starkem Maße von der Unaufmerksamkeit des Anlagenfahrers unter realen Bedingungen abhängig ist.
Der Zeitraum $t_3 \rightarrow t_4$ ist unter der Voraussetzung, daß alle zur Auswertung notwendigen Informationen auf dem zu testenden Bild vorhanden sind, meßbar.
Den Reaktionszeiten lassen sich dann im einzelnen die folgenden Eigenschaften des Bildaufbaues zuordnen:

$t_0 \rightarrow t_1$ Wirksamkeit der Alarmierung (F_A)
$t_1 \rightarrow t_2$ Entdeckbarkeit (Übersichtlichkeit des Bildes) (F_E)
$t_2 \rightarrow t_3$ Qualität der Darstellungsart (F_D)
$t_3 \rightarrow t_4$ Qualität der Informationszusammenstellung (F_Z).

Da durch die Lernfähigkeit des Menschen die Reaktionszeit verkürzt wird, besonders der Zeitraum $t_1 \rightarrow t_2$, ist zu beachten, daß der Versuchsperson (VP) der technologische Prozeß bekannt, das Bild selbst aber unbekannt ist. Die einzelnen Faktoren $F_X(X: A, D, Z, E)$ berechnen sich dann aus der Mittelwertbildung der Reaktionszeiten mehrerer VP nach

$$F_X = \frac{1}{m} \sum_{n=1}^{m} t_n \,. \tag{4}$$

Bei nicht eindeutigem Ergebnis im Variantenvergleich ist eine Wichtung der Faktoren vorzunehmen. Da eine richtige Reaktion eine korrekte Information voraussetzt, ergibt sich die folgende Staffelung der Faktoren nach ihrer Bedeutung:

$$F_A; F_D; F_Z; F_E \,.$$

2.3. Bewertung des Bildaufbaues durch Fehleranalyse

Listet man auftretende Fehler des Operators im Betriebsregime auf, so erhält man folgende Fehlerquellen:

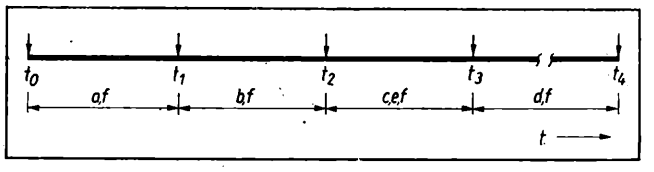


Bild 6. Fehlerkategorien — zeitlich geordnet

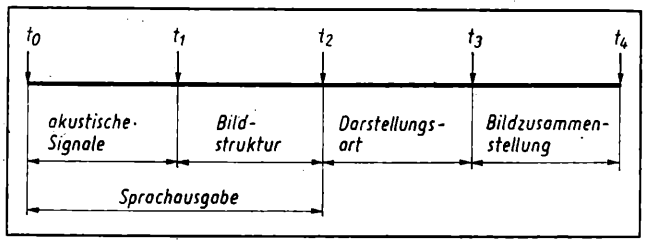


Bild 7. Einordnung der MMK-Redundanzen in die einzelnen Zeitbereiche

a) Informationsänderung nicht erkannt
b) einzelne Informationen übersehen
c) fehlerhafte Aufnahme
d) nicht Erkennen von Zusammenhängen
e) arithmetische Fehler bei der Auswertung
f) Zeitfehler.

Ordnet man diese Fehlerkategorien dem Arbeitsablauf bei der Bildauswertung zu, so ergibt sich Bild 6.
Sind für die Fehlerarten a) bis e) die Schwächen im Bildaufbau eindeutig erkennbar, ist für Zeitfehler eine zusätzliche Analyse nach dem gleichen Schema durchzuführen.
Es ergibt sich damit die Möglichkeit, aus statistisch gewonnenem Material über aufgetretene Fehler an der laufenden Anlage eine gezielte Bildoptimierung durchzuführen.

2.4. Optimierung des Bildaufbaus

Entsprechend dem Ergebnis der beschriebenen Bewertungsmöglichkeiten, kann für die einzelnen Zeitbereiche zusätzlich MMK-Redundanz zur Erhöhung der Zuverlässigkeit eingefügt oder eine Umarbeitung des Bildes vorgenommen werden.
Die Einordnung der MMK-Redundanzen in die einzelnen Zeitbereiche zeigt Bild 7.
Es ergeben sich für einzelne Fehlerkategorien die folgenden Redundanzmöglichkeiten:

a) intensivere Alarmierung durch Akustik, Sprachausgabe
b) Farbkodierung, Hinweis über Sprache, Blinken usw.
c), e) tätigkeitsbezogene Darstellung, Vorverarbeitung
d), f) Entscheidungshilfen in Sprache und Bild, Verbesserung der Bildzusammenstellung.

Bei Projektierung von Neuanlagen steht der Projektant vor der Aufgabe, in kurzer Zeit, unter Umständen ohne Erfahrungswerte, über das reale Verhalten der projektierten oder im Bau befindlichen Anlage eine MMK-Lösung zu erstellen.
Das führt zur Forderung nach Optimierungsmöglichkeiten durch den Anlagenbetreiber bei laufendem Betrieb, was über die Fehleranalyse durchgeführt werden kann. Besondere Aufmerksamkeit muß hierbei dem Abbruchkriterium des Bildoptimierungsvorganges eingeräumt werden, in dem die Anforderung an die Reaktionszeiten in unterschiedlichen Betriebszuständen festgelegt werden.

2.5. Bewertung von Kurvendarstellungen

Bei der Bewertung von Kurvendarstellungen liefern die Bewertungsfaktoren F_A, F_D, F_Z und F_E keine brauchbaren Ergebnisse. Die Ursache liegt in der Besonderheit derartiger Darstellungen, die lediglich den in der Regel zeitlichen Verlauf einer oder weniger korrelierender Meßstellen abbilden und in den meisten Fällen nur zur Analyse spezieller Vorgänge dienen. Die als Grundlage der Bewertung genutzten Zeiträume haben hier keine Bedeutung.
Gewünscht werden hier Kurvenzüge mit hoher Auflösung und Auswertbarkeit.
Damit ergibt sich eine Bewertung nach

– Auflösung (F_a) als maximal mögliche Stufenzahl der Kurve
– Auswertbarkeit (F_r) als Größe für die exakt mögliche Ermittlung der Kurvenamplitude, die von der vorhandenen Breite eines über der Kurve liegenden Rasters abhängig ist.

Die Auflösung bzw. die Auswertbarkeit können getrennt nach den Achsen angegeben werden

$$F_{ay} = \frac{1}{BP_y}, \tag{6}$$

$$F_{ax} = \frac{1}{BP_x}, \tag{7}$$

BP_n maximale Zahl der Bildpunkte im Kurvenfeld in Richtung der n-Achse

$$F_{ry} = \frac{1}{2}\frac{1}{RP_y}, \tag{8}$$

$$F_{rx} = \frac{1}{2}\frac{1}{RP_x}. \tag{9}$$

RP_n maximale Zahl der Rasterlinien im Kurvenfeld in Richtung der n-Achse

3. Sprachkommunikation in der Prozeßsteuerung

Der größte Teil der zwischenmenschlichen Kommunikation geschieht über die Sprache. Im Gegensatz dazu wird diese Kommunikationsart in der Technik kaum angewendet. Die Ursache ist neben den zum Teil noch vorhandenen Unzulänglichkeiten der verwendeten Systeme im wesentlichen in der unterschiedlichen Art der Informationsverarbeitung von Mensch und Maschine zu suchen. Dennoch bietet auch zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Sprachkommunikation die Möglichkeit einer verbesserten MMK-Gestaltung. Ihr wesentlicher Vorteil ist die räumliche Ausbreitung und ihre einfache Handhabbarkeit für das Personal. Im realen Einsatz ist die hohe Priorität der Sprachinformation, die gleichzeitig das gesamte Anlagenpersonal erreicht, sowie die Tatsache, daß die Sprache im zwischenmenschlichen Bereich neben der Vermittlung der Sachinformation auch Träger emotioneller Informationen, kodiert in Satzmelodie und Tonlage ist, zu beachten.

3.1. Sprachausgabe

Der Einsatz einer Sprachausgabebaugruppe in Kombination mit dem Bildschirm ist der für die Prozeßführung wichtigste Einsatzfall. Die Aufgabe, die der Sprachausgabe unter diesen Bedingungen zugewiesen werden muß, ist die Sicherung der Kontaktaufnahme zwischen Operator und Bildschirm in Zeitpunkten, in denen Bedienhandlungen notwendig sind, jedoch vom Anlagenfahrer nicht ausgeführt werden. Damit ist die Sprachausgabe eine Operatorredundanz und Operatorkontrolle bezüglich seiner Aufmerksamkeit.
Da das Auslösen der Sprachausgabe bei zeitlich richtiger Reaktion des Operators verhindert wird, ist ein häufiges Auslösen ein Zeichen von Unaufmerksamkeit. Es kann damit ein „Erziehungsmittel" darstellen. Jedoch muß durch sparsamen und keinesfalls aggressiven Einsatz sichergestellt werden, daß sich der Computer als untergeordnetes Werkzeug repräsentiert.
Als Anforderungen für einen derartigen Einsatzfall sind zu nennen

– neutrale Stimmlage
– Auslösung nur bei wichtigen prozeßrelevanten Informationen
– Möglichkeit einer operativen, vom Anlagenfahrer gezielt einsetzbaren Grenzwertüberwachung.

Im Fall der Auslösung ist der Hinweis auf den Ort der Störung durch die Sprachausgabe Hilfsmittel zur Reduzierung des Zeitraumes $t_0 \rightarrow t_2$ (Bild 5). Das Einsatzziel ist die Verhinderung von Gefahren oder größeren Grenzwertverletzungen. Neben einer Reduzierung der Streßsituationen für das Anlagenpersonal ist ein ökonomischer Nutzen durch bessere Anlagenfahrweise erreichbar.
Im Havarie- oder Gefahrenfall ist die Auslösung streßsteigernd und zu vermeiden.
In der Regel ist für den realen Einsatzfall ein Wortschatz von 20 bis 50 Wörtern ausreichend. Damit kann auf die reproduktiven Zeitbereichsverfahren, die über eine gute Sprachqualität verfügen, zurückgegriffen werden. Die Organisation der Informationsausgabe entspricht dem allgemeinen Schema des Informationsaustausches zwischen Menschen; Zuwendung – Information – Abwendung.
Dementsprechend ist die Ausgabe durch eine Start- und Endkennung einzurahmen. Die Ausführung ist dabei in weiten Grenzen variabel. Der einfachste Fall einer Kennung kann, falls vorhanden, das Zu- und Abschaltgeräusch des Verstärkers sein. Wie praktische Einsatzuntersuchungen zeigten, ist der Einsatz der in der DDR verfügbaren Sprachausgabebaugruppen für den Einsatz in Prozeßsteuerungen geeignet und in der Regel ausreichend.
Ein weiterer Einsatzfall dieser Geräte für die Prozeßsteuerung stellt das System Rechner – Sprachausgabe – Mensch dar.
Da die serielle Datenübertragung lediglich die Ausgabe von Einzelinformationen gestattet, begrenzt sich der Einsatz eines derartigen Kommunikationssystems auf die rechnergestützte Ausgabe von Einzelinformationen qualitativer oder quantitativer Art, sowohl automatisch als auch auf Anwahl. Die einfache Übertragungsmöglichkeit akustischer Signale gestattet die drahtlose oder drahtgebundene Übertragung über größere Entfernungen. Neben automatischen Ansagen und Anrufbeantwortern besteht damit die Möglichkeit der Anwahl und Ausgabe einzelner Prozeßinformationen aus dem Rechner und ihre Übertragung in die Produktionsanlage für spezielle Aufgaben, wie Wartung, Reparatur, Handeingriffe u. ä. Neben den drahtgebundenen Übertragungsverfahren sind Sprechfunk für die Kommunikation in beiden Richtungen und wegen der exakt abgrenzbaren Reichweite der induktiven Übertragung mit Induktionsschleifen für eine Richtung einsetzbar.

3.2. Spracherkennungssysteme

Spracheingabesysteme sind in der Lage, die natürliche menschliche Sprache so aufzubereiten, daß eine weitere Verarbeitung über angeschlossene Rechentechnik möglich ist. Die gegenwärtigen technisch angewendeten Systeme sind dabei lediglich in der Lage, bestimmte Parameter der Sprache aufzubereiten, mit im Gerät abgespeicherten Referenzmustern zu vergleichen und bei entsprechender Übereinstimmung eine Information auszulösen, daß das Muster erkannt wurde. Es handelt sich damit um eine spezielle Form der Mustererkennung. Der Sprachenerkenner ist also nicht in der Lage, den Sinn der gesprochenen Worte zu erkennen. Die hier fehlende Redundanz erschwert die Fehlererkennung wesentlich.
Für den Einsatz in der Prozeßrechentechnik ergibt sich eine Reihe von Forderungen:

1. Zur Verhinderung von Fremdbenutzung ist die Eingabe personalgebunden zu gestalten.
2. Fehlerhafte Eingaben sind durch geeignete Fehlererkennungsalgorithmen zu erfassen, die Fehler sind zu korrigieren bzw. die Eingabe ist abzuweisen.
3. Die Erkennungsrate muß auch unter dem Einfluß von Umweltgeräuschen am Arbeitsplatz sowie individuellen Schwankungen der Aussprache auf über 95% gesteigert werden.
4. Die Übertragung der Information zum Rechner muß drahtlos erfolgen.

Es ist einzuschätzen, daß die Punkte 1., 2. und 4. mit der derzeitig vorhandenen Technik lösbar sind. Die Erkennungsrate bei den vorhandenen Erkennungsverfahren wird jedoch in starkem Maße vom Umweltstörpegel und individuellen Aussprache-schwankungen reduziert. Das grenzt den Einsatz derartiger Geräte stark ein. Jedoch kann in ruhiger Arbeitsatmosphäre die Bedienung von „unkritischen" Geräten (z. B. Bildschirmgeräte), bei denen Redundanzen (z. B. Tastatur) vorhanden sind, durch Spracherkennung vorgenommen und damit eine Arbeitserleichterung für das Personal erreicht werden. Die Hände sind dadurch für andere Funktionen frei.

Zusammenfassung und Schlußbemerkungen

Die beschriebenen Bewertungsverfahren wurden sowohl beim Entwurf von Bildern für den Praxisbetrieb als auch für die

Ausbildung mit Erfolg eingesetzt. Die Anwendung bekannter psychologisch-orientierter MMK-Richtlinien [1] bis [6] führt unter dem Aspekt der im Bild 5 aufgezeigten Arbeitsabläufe mit dem Ziel, minimale Reaktionszeiten zu erreichen, zu einem praxisorientierten Entwurfsstil und dem gezielten Einsatz von MMK-Redundanzen.

Praktische Erprobungen ergaben, daß als Redundanz zum Zeitraum $t_0 \rightarrow t_1$ (Bild 5) eine einfache, einmalige akustische Signalausgabe (z. B. elektronischer Tastenklick) in der Regel ausreichend ist. Für *wichtige* prozeßrelevante Ausgaben führt eine Sprachausgabe im Gegensatz zu Bildschirmausschriften, die vom Anlagenpersonal als reine Sachinformation gewertet werden, zu einer rascheren Operatorreaktion. Bei der Sprachkommunikation können emotionelle Faktoren in bezug auf die Stimme festgestellt werden (Identifikation der Stimme mit einer Person). Der Stimmenauswahl (neutrale oder Computerstimmen), ihrer Auslösung und der Ausdrucksform (Unterordnung der Maschine unter den Menschen) muß größte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Wesentliche Möglichkeiten zur Verbesserung der Bildzusammenstellung und Gestaltung in allen Bereichen konnten durch die halbhelle Darstellung von Hilfsinformationen erreicht werden. Für den sicheren Einsatz der Spracherkennung sind z. Z. noch weiterführende Untersuchungen notwendig.

Literatur

[1] *Klabuhn, H.-D.:* Gestaltungsfelder der Mensch-Maschine-Kommunikation aus der Sicht einer bedienungstechnischen Klassifizierung der Operatortätigkeit. Wissenschaftliche Berichte der TH Leipzig (1978) 27, S. 55–58.
[2] *Bergmann, J.; Müller, R.:* Aspekte zur Kommunikation zwischen Mensch und automatisierter technischer Anlage. msr, Berlin 23 (1980) 8, S. 435 bis 438.
[3] *Gilson, W.:* Leitwartengestaltung bei neuen Automatisierungsstrukturen. VDE-Bezirksverein Frankfurt/M. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH 1984.
[4] *Dzida, W.:* Das IFIP-Modell für Benutzerschnittstellen. Sonderheft Office Management, London 1983.
[5] *Haselbauer, W.:* Probleme der Mensch-Maschine-Kommunikation in automatisierten Steuerungssystemen. Wissenschaftliche Berichte der TH Leipzig (1983) 3, S. 89–91.
[6] *Haselbauer, W.:* Mensch-Maschine-Kommunikation in der Prozeßsteuerung. Dissertation A, TH Leipzig 1985.
[7] *Balzer, D.; Böhme, B.:* Abschätzung der Softwarezuverlässigkeit in automatisierten Steuerungssystemen. msr, Berlin 25 (1982) 12, S. 687–690.
[8] *Klabuhn, H.-D.; Matern, B.:* Mensch-Maschine-Kommunikation im Schnittpunkt von Automatisierung und Arbeitstätigkeit. msr, Berlin 27 (1984) 11, S. 492–500.
[9] *Kotik, M. A.:* Kurs inzhenernoj psichologii (Kurs der Ingenieurpsychologie). Tallin: Valgus 1978.
[10] *Poltorak, M. I.:* Vremennye charakteristiki pererabotki celevekom polinomidal'nych signalov. In: Problemy inshenernoj psichologii i ehrgonomiki (Zeitliche Charakteristika der Verarbeitung polymodaler Signale durch den Menschen. In: Probleme der Ingenieurpsychologie und Ergonomie). Tallin: Valgus 1980.
[11] *Hackmann, J. R.:* The Job Diagnostic Survey: An Instrument of the diagnosis of jobs and the evaluation of job redesign projects. Technical report No. 4, Yale University 1974.
[12] *Hacker, W.; Iwanowa, A.; Richter, P.:* Tätigkeitsbewertungssystem (TBS). Berlin: Psychodiagnostisches Zentrum 1983.

msr 8633

H. Lippold; B. Witting

Elektronische Einrichtungen in eichpflichtigen Volumenmeßeinrichtungen

0. Einleitung

Dem Einsatz von Gas kommt in der Volkswirtschaft große Bedeutung zu, da es einen wichtigen Teil der Energiebasis der DDR darstellt. Der ständig wachsende Bedarf an Energie und die sich laufend erhöhenden Kosten für deren Bereitstellung haben dazu geführt, daß auch die Forderungen an die Messung, insbesondere großer Gasmengen, als Grundlage für die Mengenbilanzierung steigen. Aus dieser Situation heraus ist es sowohl international als auch in der DDR aus wirtschaftlicher Sicht notwendig, Volumenmeßmittel und Volumenmeßeinrichtungen für Gas der staatlichen Kontrolle zu unterziehen, wenn sie die Basis für die Verrechnung zwischen Vertragspartnern darstellen. Die gesetzliche Grundlage in der DDR bilden [1] und [2]. Darin ist festgelegt, daß die zur Lösung derartiger Aufgaben eingesetzten Bauarten von Volumenmeßmitteln und -meßeinrichtungen vom Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung (ASMW) auf der Basis staatlicher Normative zugelassen sein müssen und jedes eingesetzte Exemplar einer zugelassenen Bauart zu eichen ist.

1. Einrichtungen zur Ermittlung des Volumens im Bezugszustand

Das Gasvolumen ist eine Meßgröße, die durch Druck, Temperatur und Kompressibilität oder die Dichte des Gases beeinflußt wird. Im Interesse der Vergleichbarkeit von Gasmengen ist es deshalb erforderlich

1. technische Voraussetzungen zum richtigen Erfassen des Gasvolumens im vorliegenden Betriebszustand zu schaffen
2. dieses Volumen auf einen festgelegten Bezugszustand unter Berücksichtigung aller Einflußgrößen umzuwerten [3] (Bild 1).

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf Einrichtungen, die der zweiten Aufgabe dienen. Dazu gehören Volumenumwerter [4] und elektronische Einrichtungen [5].

Arbeitet ein Volumenumwerter nach einem mechanischen Funktionsprinzip, so wird das vom Volumenzähler gelieferte

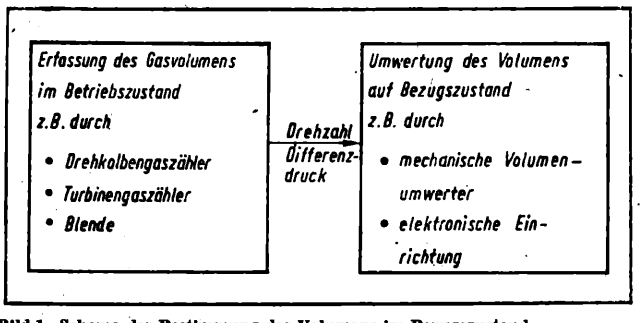


Bild 1. Schema der Bestimmung des Volumens im Bezugszustand

Signal (z. B. eine Drehzahl), das dem Volumen im Betriebszustand proportional ist, mit dem Gasdruck und der Gastemperatur kontinuierlich entsprechend (1) so verknüpft, daß sich das Volumen im Bezugszustand ergibt und zur Anzeige gebracht wird

$$V_R = V_B \cdot \frac{p \cdot T_R}{T \cdot p_R \cdot K} \cdot \qquad (1)$$

V_R Volumen im Bezugszustand; V_B Volumen im Betriebszustand; p absoluter Gasdruck; T absolute Gastemperatur; K Kompressibilitätszahl; T_R, p_R Bezugszustand

Die Meßmittel für Druck und Temperatur sind auf das mechanische Rechenwerk abgestimmt und können nicht losgelöst von diesem betrachtet werden.

Der verwertbare Bereich von Gasdruck und Gastemperatur ist dabei von der speziellen Ausführung des Volumenumwerters abhängig. Das Kompressibilitätsverhalten von realen Gasen, ausgedrückt durch die Kompressibilitätszahl, kann dabei nur bedingt berücksichtigt werden, und die Kombinationsvielfalt mit Gaszählern unterschiedlicher Bauart und Größe ist durch die jeweils erforderliche mechanische Kopplung gering. Das bedeutet, daß derartige Geräte auf bestimmte Anwendungsfälle beschränkt sind [3]. Zusätzliche Fehler bei der Messung treten auf, wenn von den vorgesehenen Druck- und Temperaturbereichen abgewichen wird. Eine gerätetechnische Korrektur ist in den seltensten Fällen möglich.

Werden zur Volumenmessung Meßgeräte verwendet, die keine Drehzahl als Ausgangssignal liefern, ist ein mechanischer Volumenumwerter kaum einsetzbar. Das trifft z. B. auf die Wirkdruckmessung zu, bei der das volumenproportionale Signal, der

Dr.-Ing. *Hartmut Lippold* (46) studierte von 1959 bis 1964 an der Fakultät Feinmechanik/Optik der TH Ilmenau. Danach wissenschaftlicher Assistent an der TH Ilmenau. 1968 Promotion A. Seit 1969 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung (ASMW), Ortsbereich Ilmenau.

Dipl.-Ing. *Brigitte Witting* (44) studierte von 1962 bis 1967 an der Fakultät Feinmechanik/Optik der TH Ilmenau. Anschließend wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TH Ilmenau. Seit 1980 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung (ASMW), Ortsbereich Ilmenau.

Wirkdruck, mit weiteren Meß- und Funktionalwerten entsprechend (2) zum Meßergebnis, dem Volumen, erst verknüpft werden muß

$$V_B = c \cdot \Delta t \cdot \alpha(R_e; d_1(\vartheta); D_1(\vartheta)) \cdot \varepsilon(\Delta p; p_1; \varkappa; d_1(\vartheta); D_1(\vartheta)) \times \times (d_1(\vartheta))^2 \sqrt{\frac{\Delta p \cdot p_R \cdot T \cdot K(p_1, T, \text{Gasart})}{\varrho_R \cdot p_1 \cdot T_R}} \quad (2)$$

c Konstante; α Durchflußzahl; R_e Reynoldszahl; d_1 Durchmesser des Drosselelements; D_1 Durchmesser der Einlaufstrecke; ε Expansionszahl; ϑ Temperatur des Gases; Δp Wirkdruck; p_1 absoluter Gasdruck vor dem Drosselelement; $\varkappa$ Isentropenexponent; ϱ_R Bezugsdichte des Gases; K Kompressibilitätszahl; ϱ_B Betriebsdichte des Gases; Δt Zeit

$$V_R = V_B \cdot \frac{\varrho_B}{\varrho_R}. \quad (3)$$

Eine eichfähige gerätetechnische Lösung, bei der das Volumen im Bezugszustand (4) angezeigt wird, ist für diesen Fall auf mechanischem Wege kaum realisierbar

$$V_R = c \cdot \Delta t \cdot \alpha(R_e; d_1(\vartheta); D_1(\vartheta)) \times \times \varepsilon(\Delta p; p_1; \varkappa; d_1(\vartheta); D_1(\vartheta)) \cdot (d_1(\vartheta))^2 \times \times \sqrt{\frac{p_1 \cdot T_R \cdot \Delta p}{p_R \cdot T \cdot \varrho_R \cdot K(p_1; T; \text{Gasart})}}. \quad (4)$$

Werden jedoch Meßwertaufnehmer mit elektrischem Ausgangssignal eingesetzt und wird die digitale Rechentechnik genutzt, so werden sich vielfältige Möglichkeiten ergeben, eichfähige Geräte zur Volumenberechnung und -umwertung zu schaffen. Durchfluß-, druck- und temperaturabhängige Größen können bei Kenntnis der mathematischen Zusammenhänge für jeden Meßzyklus ermittelt werden und müssen nicht als Konstanten verarbeitet werden. Damit werden die Meßergebnisse der gesamten Volumenmeßeinrichtung genauer. Durch sowohl hardware- als auch softwaremäßige Anpassung können von elektronischen Einrichtungen sowohl die Aufgaben der bisherigen mechanischen Volumenumwerter als auch weitere Funktionen innerhalb der Volumenmeßeinrichtungen auf einen breiten Bereich von Durchfluß, Druck und Temperatur übernommen werden.

2. Forderungen an eichfähige elektronische Einrichtungen

Unabhängig vom Meßprinzip müssen eichfähige Meßmittelbauarten bestimmte metrologische Grundforderungen erfüllen. Diese sind auch für elektronische Einrichtungen zutreffend. Sie werden vom ASMW bei der Zulassung der Bauart kontrolliert. Dazu gehören:

- *ein einheitlicher und überschaubarer Aufbau und die Eignung zur Erfüllung der beabsichtigten Meßaufgabe*
  Für eine elektronische Einrichtung im hier beschriebenen Sinne bedeutet diese Forderung, daß sie eine selbständige Gerätekombination mit definierten, explizit erfaßbaren und auf die weiteren Bestandteile der Volumenmeßeinrichtung abgestimmten Eingangs- und Ausgangssignalen darstellt. Dabei darf das Gerät sowohl software- als auch hardwaremäßig modifiziert werden.
- *die Einhaltung der geforderten Fehlergrenzen*
  Volumenmeßeinrichtungen [3] dürfen Fehlergrenzen von $\pm$ 2,5% nicht überschreiten. Volumenumwerter [4] sind in den Genauigkeitsklassen 0,6; 1,0; 1,6 zulässig. Das gilt auch für solche elektronischen Einrichtungen, die nach [4] Volumenumwerter darstellen. Elektronische Einrichtungen, die außer der Volumenumwertung noch weitere Aufgaben innerhalb der Volumenmeßeinrichtung erfüllen, müssen in Verbindung mit dem Volumenmeßmittel als Volumenmeßeinrichtung die Genauigkeitsforderungen nach [3] erfüllen.
- *die Verhinderung des Ausfalls der meßtechnischen Funktion innerhalb der Nacheichfrist* [2]
  Diese Forderung wird bei mechanischen Volumenumwertern durch geeignete Materialauswahl, entsprechende Dimensionierung und konstruktive Gestaltung realisiert. Bei elektronischen Einrichtungen muß entweder eine hohe Zuverlässigkeit der Bauelemente gewährleistet sein, oder es müssen zur Erkennung von Störungen, die sich auf die Volumenbestimmung auswirken, rechnerinterne Kontrollfunktionen in Verbindung mit Wartungsmaßnahmen durchgeführt werden.
- *die ökonomische Prüfbarkeit der Einhaltung metrologischer Forderungen*
  Diese Forderung beinhaltet, daß sowohl die bauartgetreue Ausführung als auch das Meßergebnis mit ökonomisch vertretbarem Aufwand prüfbar sein müssen. Das Meßergebnis von elektronischen Einrichtungen ist dann prüfbar, wenn seine Bestimmung aus den Eingangsgrößen in Verbindung mit dem verwendeten Rechenmodus bei vertretbaren Prüfzeiten nachvollzogen werden kann.

3. Normativtechnische Regelungen

Da die Elektronik auf dem gesamten Gebiet der Meßtechnik verstärkt Einzug gefunden hat, wurden von der internationalen Organisation des staatlichen Meßwesens OIML zu deren Behandlung in eichpflichtigen Meßeinrichtungen Entwürfe entsprechender Empfehlungen ausgearbeitet [6] und [7]. In der DDR liegt mit einer Anweisung [8] des ASMW ein entsprechendes Dokument vor, das in einer ASMW-Richtlinie [5] für die Volumenmessung von Gas untersetzt wurde. Schwerpunkt dieser Richtlinie sind die technischen Forderungen an eichfähige elektronische Einrichtungen und Forderungen an den Inhalt der dazugehörigen Dokumentation. Sie ist Arbeitsmaterial des ASMW und wird bei der Zulassung von elektronischen Einrichtungen zur Bestimmung des Volumens von Gasen im Bezugszustand angewendet.

4. Festlegungen aus der ASMW-Richtlinie 4200/R 10

Eine elektronische Einrichtung zur Bestimmung des Volumens im Bezugszustand ist eine Zusammenschaltung aus

- den Meßwertaufnehmern zur Erfassung der Gasdaten und Betriebsparameter, z. B. Gastemperatur, Gasdruck, Wirkdruck, Gasdichte sowie deren Übertragungseinrichtungen
- der elektronischen Meßwertverarbeitungs- und -auswerteeinrichtung
- mindestens einer Anzeigeeinrichtung für das Volumen im Bezugszustand
- Einrichtungen zur Sicherung der metrologischen Funktion, Vermeidung von Fehlern und Fehlersignalisierung.

Sie ermittelt aus dem volumenproportionalen Signal und ihren Meß- und Berechnungsdaten das Volumen im Bezugszustand (Bild 2).

Die Bauart der elektronischen Einrichtung muß vom ASMW zugelassen werden, wenn sie in eichpflichtigen Volumenmeßeinrichtungen eingesetzt werden soll. Bestandteile der elektronischen Einrichtung, z. B. die Meßwertverarbeitungs- und -auswerteeinrichtung, dürfen auch einzeln der Zulassung unterzogen werden, wenn

- sie eine selbständige Baugruppe mit abgegrenzter Aufgabe darstellen
- die Parameter am Ein- und Ausgang der selbständigen Baugruppe bekannt und explizit erfaßbar sind.

Eichfähige elektronische Einrichtungen müssen so aufgebaut sein, daß sie das von einem Volumenmeßmittel abgegebene Signal, das Volumengrundsignal (z. B. Wirkdruck) als redundantes Signal doppelt erfassen und weiterverarbeiten.

Die zulässige prozentuale Abweichung der beiden Signale untereinander oder des sich daraus ergebenden Meßergebnisses muß vor Beginn der Messung wählbar und gegen unbefugtes Verändern gesichert sein. Ein Überschreiten der Toleranz ist zu signalisieren. Dadurch sollen Störungen dieses wesentlichen Signals rechtzeitig erkannt werden. Alle weiteren Größen zur Berechnung des Volumens im Bezugszustand brauchen nur als einfaches Signal erfaßt zu werden. An die eingesetzten Meßwertaufnehmer werden jedoch erhöhte Anforderungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit, der zeitlichen Stabilität ihrer metrologischen Parameter und der Kontrollfähigkeit gestellt.

Die Meßwertverarbeitungs- und -auswerteeinrichtung muß nach festgelegten mathematischen Zusammenhängen aus Meßwerten und anlagentechnischen Konstanten Funktionaldaten ermitteln und mit diesen, den Meßwerten und Konstanten das Volumen im Bezugszustand nach der einprogrammierten Bestimmungsgleichung berechnen (Beispiel siehe Bild 2). Das so ermittelte Volumen muß dann zur Anzeige gebracht werden. Der Berechnungsalgorithmus muß so gesichert sein, daß eine unbefugte Änderung nicht möglich ist. Bei Stromausfällen müssen die Pro-

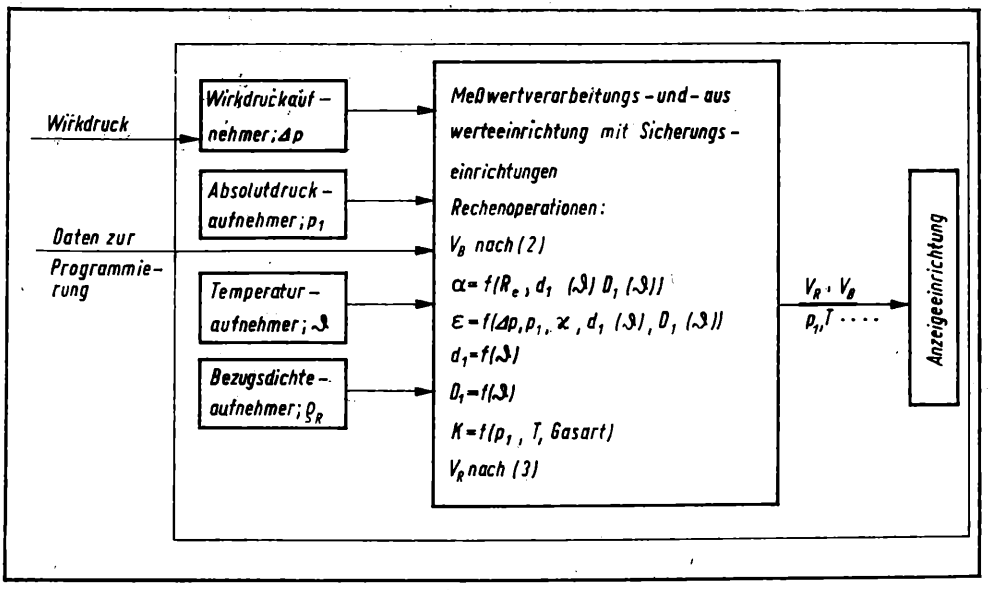


Bild 2. Schema einer elektronischen Einrichtung zur Bestimmung des Volumens im Bezugszustand, beispielsweise mit Einspeisung eines Wirkdruckes als volumenproportionales Signal

grammierung und das Meßergebnis, das Volumen im Bezugszustand, über einen längeren Zeitraum erhalten bleiben. Arbeiten die Meßwertaufnehmer außerhalb ihres Meßbereiches oder treten im elektrisch/elektronischen Teil der Meßeinrichtung anderweitige Störungen auf, die zur Überschreitung der Fehlergrenzen für das Meßergebnis führen, so müssen dieser Zustand und die Ursache der Störung signalisiert werden.

Das mit solchen Daten ermittelte Meßergebnis ist auf einem gesonderten Speicher oder Zählwerk, dem sogenannten Störmengenspeicher oder -zählwerk, zu summieren. Der Inhalt des Störmengenspeichers gibt somit Auskunft über das Volumen, das mit einer größeren Meßunsicherheit als der für die Volumenmeßeinrichtung geltenden ermittelt wurde. Bei Ausfall von Meßwertaufnehmern ist die Berechnung mit Ersatzdaten, z. B. mittleren Werten, weiterzuführen. Das Ergebnis ist ebenfalls auf den Störmengenspeicher zu leiten.

Für das innerhalb der Fehlergrenzen richtig ermittelte Volumen im Bezugszustand muß mindestens eine Hauptanzeige vorhanden sein, die aus einem Display und Signalanzeigen besteht. Die Anzeige muß eindeutig und unverwechselbar sein. Daten, wie

- das Volumen im Betriebszustand, wenn kein gesondertes Zählwerk vorhanden ist
- die Störmenge im Betriebs- und Bezugszustand, wenn kein gesondertes Zählwerk vorhanden ist
- anlagen- und meßgutspezifische Daten, die in die Berechnung des Volumens im Bezugszustand eingehen
- Meßwerte, z. B. Druck, Temperatur
- mindestens drei aufgetretene Fehlerarten bis zur Handlöschung
- Bezugszustand des Gases
- Testanzeige zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Anzeigeeinrichtung

müssen in beliebiger Reihenfolge abrufbar sein.

Dazu können entweder ein zweites Display verwendet oder die Anzeige des Volumens im Bezugszustand kurzfristig unterbrochen werden. Jede angezeigte Größe ist mit der entsprechenden SI-Einheit zu versehen. Die Einheit kann alphanumerisch oder als Kennzahl angezeigt werden, wobei der erste Fall zu bevorzugen ist. In jedem Fall muß gewährleistet sein, daß Verwechslungen der angezeigten Größen ausgeschlossen sind. Die gesamte Meßkette von der Erfassung der Meßgrößen bis zur Anzeige des Meßergebnisses muß metrologisch abgesichert sein. Das bedeutet, daß auftretende Störungen sich nicht auf das Meßergebnis auswirken und alle Fehler, die zur Fehlergrenzenüberschreitung führen können, signalisiert, registriert und gespeichert werden.

Für die elektronische Einrichtung als Gesamtheit und ihre Bestandteile, wie Meßwertaufnehmer und Meßwertverarbeitungs- und -auswerteeinrichtung, müssen Fehlerangaben vorliegen. In diese Betrachtung sind auch Umgebungstemperatureinflüsse, Linearitätsabweichungen für Meßsignale u. ä. einzubeziehen. Jede dieser Angaben muß prüfbar sein. Dazu ist festgelegt, daß

- Eingangs- und Ausgangsgrößen der elektronischen Einrichtung oder des zu prüfenden Bestandteiles zeitgleich erfaßbar sein müssen
- alle Berechnungsalgorithmen angegeben sind
- die Darstellungsdauer des Volumens im Bezugszustand für die Dezimale mit dem kleinsten Volumenwert größer als 1 s ist
- an den Meßwertaufnehmern gut zugängliche, aber gegen unbefugten Zugriff gesicherte Prüfanschlüsse vorhanden sind
- die Voraussetzung geschaffen sein muß, daß das Volumen im Bezugszustand in einer Zeit von etwa 10 min mit einer Meßunsicherheit, die dem 0,1fachen der Fehlergrenzen für die elektronische Einrichtung entspricht, geprüft werden kann.

Zusammenfassung

Für elektronische Einrichtungen, die in eichpflichtigen Volumenmeßeinrichtungen für Gas in zunehmendem Maße eingesetzt werden, wurde eine Richtlinie erarbeitet, in der die Forderungen des staatlichen Meßwesens an solche Einrichtungen enthalten sind. Neben speziellen Forderungen, die für einzelne eichfähige Meßmittel in Normativen geregelt sind, müssen elektronische Einrichtungen in Volumenmeßeinrichtungen für Gas spezielle Bedingungen erfüllen, um zugelassen und geeicht werden zu können. Dazu gehört u. a., daß das Volumengrundsignal prinzipiell als redundantes Signal zu erfassen und weiterzuverarbeiten ist und für die Abweichung beider Signale ein Grenzwert festgelegt sein muß. Es wird deutlich gemacht, daß zur elektronischen Einrichtung in der beschriebenen Art nicht nur das Rechenwerk für die Umsetzung des Algorithmus zur Berechnung des Volumens im Bezugszustand gehört, sondern auch alle Meßwertaufnehmer, die die elektrischen Signale für die Meßgrößen liefern, die Anzeigeeinrichtung und die Sicherungseinrichtungen für die gesamte Meßkette.

Unter Einhaltung bestimmter Bedingungen ist jedoch die separate Entwicklung und Zulassung von Bestandteilen der so definierten elektronischen Einrichtung gestattet. In Fortführung der behandelten Thematik wird im ASMW eine Richtlinie erarbeitet, die die Prüfung von elektronischen Einrichtungen beinhaltet.

Literatur

[1] Verordnung über das Meßwesen vom 26. November 1981. GBl. I, Nr. 37, S. 429.
[2] Erste Durchführungsbestimmung zur Verordnung über das Meßwesen vom 14. Januar 1983, GBl. I, Nr. 5, S. 45.
[3] TGL 190-422/01 bis 04 „Volumenmeßeinrichtungen für die Verrechnung von Stadt- und Erdgas". Ausgabe 1986.
[4] ASMW-VM 1267 „Volumen; Volumenumwerter für Gase; Zulassungs- und Eichvorschrift". Ausgabe Februar 1984.
[5] Richtlinie des ASMW 4200/R10 „Staatliches Meßwesen; Elektronische Einrichtung zur Bestimmung des Volumens von Gasen im Bezugszustand; Technische Forderungen; Dokumentation". Ausgabe Oktober 1986.
[6] 4. Vorentwurf der Internationalen Empfehlung der OIML vom 30. Oktober 1984 „Allgemeine Anforderungen an elektronische Meßeinrichtungen".
[7] 1. Vorentwurf der Internationalen Empfehlung der OIML vom September 1985 „Elektronische Einrichtungen, die in Meßeinrichtungen für Flüssigkeiten außer Wasser integriert sind".
[8] Anweisung des ASMW, Bereich Meßwesen Nr. 4/85 vom 1. Oktober 1985.

msr 8709

Chaotische Schalter — Ein neuer Zugang zur Modellierung von Neuronennetzen

0. Einleitung

In den 60er Jahren wurden von verschiedenen Autoren, anknüpfend an Arbeiten von *N. Wiener*, Neuronennetzkonzepte vorgeschlagen mit dem Ziel, Erkennungs- und Selektionseigenschaften des menschlichen Gehirns nachahmen zu können und auf der Basis eines tieferen Verständnisses der entsprechenden Mechanismen leistungsfähigere technische Erkennungseinrichtungen zu schaffen.

Die meisten derartigen Neuronennetzkonzepte verwenden als Grundlage einen Basismodul für das Einzelneuron, der eine Schwellwertfunktion mit Hilfe der Heavisideschen Sprungfunktion

$$1\left(\sum_i (g_i x_i) - SW\right)$$

realisiert. Dabei sind x_i die über Synapsen geschalteten Eingänge des betrachteten Neurons, SW ist ein Schwellwert. Die Parameter g_i sind Gewichte.

Im einfachsten Falle läßt man als Werte für die Gewichte nur die Fälle $g_i = 1$ und $g_i = -1$ zu.

Bei $g_i = 1$ gehört x_i zu einem stimulierenden und bei $g_i = -1$ zu einem inhibitierenden Eingang.

Immer wenn die Summe $\sum g_i x_i$ den Schwellwert SW überschreitet, soll das betreffende Neuron erregt sein, ansonsten bleibt es unerregt.

Bei der Betriebsweise von Netzen derartiger Neuronen ist zu beachten, daß immer dann, wenn ein Neuron erregt worden ist, dieses eine bestimmte Erholphase (Refraktärperiode) benötigt, ehe es erneut erregt werden kann.

Ferner ist zu beachten, daß für die Laufzeit längs der Axonen der Neuronen eine gewisse Taktzeit vergeht.

Zu dieser Art von Neuronennetzen gehört die sogenannte Majoritätslogik, eine Schwarz-Weiß- oder O/L-Logik, mit der im Prinzip alle logischen Verarbeitungseinrichtungen realisiert werden können.

Dieses Konzept wurde vor allem von *W. Pitts* [1] und *F. Rosenblatt* [2] ausgearbeitet.

Mitunter erwies es sich als zweckmäßig, vor allem bei lernfähigen Neuronennetzen, zuzulassen, daß die Gewichte g_i beliebige Werte aus dem Intervall $(-1, 1)$ annehmen können.

In diesem Fall erzielte man Lerneffekte durch Belohnungs- und Bestrafungsstrategien, die die g_i-Werte veränderten.

E. R. Caianiello [4] legte etwa zur gleichen Zeit wie *F. Rosenblatt* ein Konzept vor, bei dem die Neuronen als Schwellwertelemente lernfähig waren entsprechend einer bestimmten auf die g_i wirkenden Evolutionsstrategie.

Da seit langem die universelle Verwendbarkeit solcher Neuronen klar war, jedoch die Hardwaremöglichkeiten zur Verwirklichung von Neuronennetzen mit sehr vielen Neuronen bis in die 70er Jahre hinein recht begrenzt waren, geriet die Entwicklung und Analyse von Netzen künstlicher Neuronen zeitweilig etwas ins Stocken. Diese Phase kann jetzt aber als überwunden angesehen werden. Nunmehr kommt es erneut weltweit zu einem großen Aufschwung der Neuronennetzforschung. Es zahlt sich nämlich aus, daß man es bei den Neuronennetzen mit recht homogenen Strukturen zu tun hat, die sich auf Arrays parallel arbeitender Prozessoren realisieren lassen.

Im Zusammenhang mit der effektiven Behandlung sogenannter kombinatorischer np-vollständiger Probleme wurden verschiedene sehr leistungsfähige heuristische Techniken entwickelt, die alle irgendwie an die Modellierung natürlicher Evolutionsvorgänge anknüpfen. Sehr bekannt geworden ist dabei unter anderem das sogenannte „Thermodynamische Prinzip" (*V. Cerny*) [10]. Ganz grob geht es dabei um folgendes:

Für die Versuche zur Lösung eines kombinatorischen Problems läßt man eine bestimmte Suchspannweite zu, modelliert durch die „Beweglichkeit" entsprechender „Teilchen", die zu verschiedenen Lösungsvarianten führt. Bei Abkühlung erniedrigt sich monoton die Beweglichkeit, d. h., der Fluktuationsspielraum wird immer geringer.

In [3] wurde dementsprechend das oben angedeutete Neuronennetzkonzept aus Schwellwertelementen durch Verbindung mit der thermodynamischen Strategie wie folgt modifiziert:

1. In jedes Neuron wird ein Oszillator integriert, mit dem Schwingungen am Einzelneuron generiert werden können.
2. Monoton zur Erniedrigung der „Temperatur" werden die Schwellwerte aller Neuronen erhöht.

Damit wird zugleich der Effekt erzielt, daß die Neuronen autonome Oszillationen zeigen, die über die Netzwechselwirkung vielleicht eines Tages das Zustandekommen der Gehirnwellen im EEG erklären können.

Nachfolgend soll ein andersartiges Neuronennetzkonzept vorgeschlagen werden, das nach der Auffassung der Autoren in der Lage ist, alle Effekte, die man von bisherigen Neuronennetzkonzepten kennt, zu reproduzieren und zusätzlich noch weitere neurophysiologische Eigenschaften natürlicher Neuronennetze wiederzugeben gestattet.

Das Arbeitskonzept enthält folgende Prämissen:

1. Einzelneuronen können Gleichgewichtserregungen zeigen, aber auch regellose (chaotische) autonome Erregungsmuster entwickeln. Für diese Eigendynamik wird eine chaotische Abbildung in der Art der Feigenbaumabbildung zugrundegelegt, wobei als erzeugende Kurve eine Evolon-Triebkraftfunktion gewählt wird.
   Der Grundgedanke hierzu ist:
   Chaos in reiner Form ist ein unbegrenztes Feld von Möglichkeiten. Jede Restriktion schränkt den Spielraum des Chaos ein und führt in zunehmendem Maße zu Ordnung, je mehr Restriktionen aufeinander folgen.
   Das Neuronenkonzept ist an eine Glockenkurve als Restriktion für die Möglichkeiten aufeinanderfolgender Erregungszustände gebunden.
   Das ist bereits als eine aggregierende Beschreibung eines im Einzelneuron vorhandenen Mikrochaos anzusehen, das durch chemische Oszillationen und thermodynamische Fluktuationen bestimmt sein müßte.
2. Die Kopplungsstruktur zwischen den einzelnen Neuronen zu einem Netz unterliegt dem Prinzip der Ratenkopplung und wird durch Lotka-Volterra-Gleichungen bestimmt.
3. Die Koaktion verschiedener Eingänge am Einzelneuron ist im wesentlichen eine Konjunktion, die als multiplikative Verknüpfung modelliert werden kann.
4. Die Kopplungsstruktur kehrt das Weber-Fechnersche Gesetz um und führt eine exponentielle Reskalierung empfangener Signale durch, bevor diese im Zusammenwirken das jeweilige Neuron erregen können oder nicht (Elektrochemisches Grundgesetz nach Nernst).

1. Evolon-Chaos als Grundlage zur Modellierung der Eigendynamik einzelner Neuronen

Das Evolon-Chaos kann als verallgemeinerte Feigenbaum-Iteration betrachtet werden. Es liegt nahe, die Feigenbaum-Iteration, die auf der diskontinuierlichen logistischen Abbildung

$$x' = 4 \cdot R \cdot x(1 - x), \qquad 0 \leq R \leq 1,$$

beruht, in folgender Weise weiterzuentwickeln und von der Funktionsform her flexibler zu gestalten:

$$x' = R \cdot F \cdot x^k \cdot (1 - x^w)^l .$$

Dabei sind R der Chaosintensitätsfaktor mit $0 < R \leqq 1$ und F ein solcher Normierungsfaktor, mit dem die der Iteration entsprechende Glockenkurve (ohne Faktor R) gerade auf das Maximum 1 normiert wird.

Für den Normierungsfaktor ergibt sich

$$F = \frac{(1 + k_{ap})^{(l+k/w)}}{k_{ap}^{(k/w)}}$$

mit der Hilfsgröße

$$k_{ap} = k/(w \cdot l) .$$

Stimmt man, beginnend mit R nahe Null, diese Iterationsformel durch bis $R = 1$, so ergibt sich nach dieser Iteration ein Bifurkationsdiagramm ganz analog der Feigenbaum-Iteration (wenn auch im Detail verschieden).

Dieser diskrete Evolon-Modul wird als Modell eines Neurons betrachtet.

Die Sinnfälligkeit dieses Vorschlages ergibt sich aus folgenden Überlegungen:

- Aufeinanderfolgende x-Werte zeigen im zeitlichen Nacheinander eine ausgesprochene Spike-Struktur, die vom Phänomen her von der Gehirntätigkeit her bekannt ist (z. B. EEG-Registrierungen).
- Die Evolon-Glockenkurve besteht aus zwei monotonen Zweigen, die durch 0 bzw. durch 1 gehen.
  Solche Glocken sind die Grundlage jeglicher Binärkodierung und zwar ordnet man $x > x_M$ den logischen Wert L und $x \leqq x_M$ den logischen Wert 0 zu. Dabei ist x_M die Stelle, wo die betreffende Glockenkurve ihr Maximum hat. Diese Stelle bietet sich in natürlicher Weise als Schwellwert SW an. Jedem x-Wert-Verlauf entspricht zugleich ein begleitender Binärwertverlauf als Grundlage der „O-L-pattern", die in der höheren Nerventätigkeit mit dem Problem des Assoziativgedächtnisses in Verbindung gebracht werden. Die Begründung des Neuronenchaos durch derartige Impulsglocken erscheint sehr natürlich, weil, wie aus der Physik bekannt, jede Differenzierungsleistung mit dem Aufbau von Barrieren beginnt. Die Impulsglocken stellen derartige Barrierefunktionen dar.

2. Netze aus gekoppelten chaotischen Neuronen

Aufbauend auf dem Vorschlag für ein Neuronenmodell, sollen hier Vorstellungen für Modelle möglicher Neuronennetze entwickelt werden.

Dazu werden zunächst die Lotka-Volterra-Netze, gemäß der direkten Iteration, in Verbindung mit einem System isolierter chaotischer Neuronen, entsprechend dem Vorschlag in Abschn. 1., gebracht.

Für ein Neuronennetz ergibt sich damit folgendes Modell:

$$x_i' = R_i \cdot F_i \cdot x_i^{k_i}(1 - x_i^{w_i})^{l_i} \frac{\prod_j (1 + D \cdot G_{ij} \cdot x_j, G_{ij} > 0)}{\prod_j (1 - D \cdot G_{ij} \cdot x_j, G_{ij} < 0)} .$$

Den Faktoren im Zähler entsprechen dabei exzitierende (erregende) und den Faktoren im Nenner inhibitierende (hemmende) Eingänge des betreffenden chaotischen Neurons. Dieser Wechselwirkung, gemäß der Dialektik von Kooperation und Konkurrenz, ist eine Tendenz der Einwirkung auf das System chaotischer Neuronen in Richtung auf die Aufprägung einer zeitlichen (dynamischen) Ordnungsstruktur eigen.

Der Chaosgrad der einzelnen Neuronen kann durch die Chaosintensitätsfaktoren R_i beeinflußt werden.

Die dynamische Kopplungsstruktur schafft offenbar für das vorhandene Chaos weitergehende dynamische Restriktionen und kann somit den Trend in Richtung auf Gleichgewichtsverhalten verstärken.

Mit solchen Netzen können Muster aufgebaut werden, und man ist mit solchen Modellen in der Lage, Strukturbildungsprozesse zu beschreiben.

Die Gleichungen für ein „Zweineuronennetz" mit der einfachen Verhulstschen Räuber-Beute-Dynamik lauten dann z. B.

$$x_1' = \text{Chaos}_1 \cdot (1 + a)/(1 + b \cdot x_2) ,$$
$$x_2' = \text{Chaos}_2 \cdot (1 + c \cdot x_1)/(1 + d) .$$

Als weiteres wichtiges Beispiel soll das Hyperzyklusverhalten mit der Methode der direkten Iteration betrachtet werden. Zur Aufklärung der Fragen der präbiotischen Evolution im Zusammenhang mit der Formierung eines „lebenden" Urmoleküls (*M. Eigen/P. Schuster*) spielt die folgende Exponentialkettenstruktur eine entscheidende Rolle [11]

$$dx_i/dt = x_i \cdot (x_{i+1} - \varphi) .$$

Dabei sind $i = 0, 1, \ldots, n - 1 \bmod n$ und φ eine gleichmäßige Verdünnungsrate der Form

$$\varphi = \sum_{i=0}^{n-1} x_i \cdot x_{i+1} .$$

Mit der durch φ bedingten Normierung ist gewährleistet, daß die gesamte Bewegung sich auf dem Simplex

$$\sum_{i=0}^{n-1} x_i = 1$$

abspielt.

Gemäß der Methode der direkten Iteration [12] und [13] ergibt sich der folgende diskontinuierliche Hyperzyklus

$$x_i' = x_i \cdot (1 + D \cdot x_{i+1})/(1 + D \cdot \varphi) ,$$
$$i = 0, 1, \ldots, n - 1 \bmod n .$$

In dieser Systembeschreibung erkennt man sofort ein n-variables Regelungsschema mit der Sollwertforderung

$$\varphi = x_{i+1} .$$

Folglich ist der Punkt $x_i = 1/n$ für alle i ein Gleichgewichtspunkt, der jedoch nicht zwangsläufig angelaufen wird. Vielmehr kann man bei der Simulation folgende Gesetzmäßigkeiten beobachten:

Für $n = 2, 3$ monotone Konvergenz gegen den Gleichgewichtspunkt, bereits bei $n = 4$ zyklisches Verhalten entsprechend einem sogenannten Grenzzyklus. Dies wiederholt sich entsprechend auch für alle längeren Hyperzyklen.

Ein sehr interessantes Verhalten zeigt aber auch eine Hyperzykluskonstruktion, die sich bei der Kreisschaltung chaotischer Neuronen ergibt, die einer mehrdimensionalen Iteration der folgenden Form genügt:

$$x_i' = \text{Chaos}_i \cdot (1 + D \cdot x_{i+1})/\text{Norm} .$$

Dabei ist Norm die Summe aller Zähler der rechten Seiten. Merkwürdigerweise läuft ein solcher „chaotischer" Hyperzyklus bei der Simulation immer einen im Inneren des Simplex liegenden Gleichgewichtspunkt an. Eine solche Kreisstruktur zyklisch verschalteter Neuronen sollte deshalb sehr lebensfähig, d. h. dynamisch stabil, sein.

Dieses Verhalten könnte das Fixieren körpereigener Sollwerte entsprechend den physiologischen Prozessen auf dem Wege der Selbstorganisation vermutlich erleichtern.

Auch Neuronennetze aus beliebigen mit Lotka-Volterra-Gleichungen verkoppelten Neuronen zeigen mit der Normierung

$$\sum_i x_i = 1$$

eine schnelle Entwicklung zu Gleichgewichtskonfigurationen der gesamten Neuronenpopulation, d. h., trotz des chaotischen Charakters der Dynamik der Einzelneuronen setzt sich sehr schnell das logische Verhalten durch.

Damit sind nach Störungen schnelle Rehabilitationseffekte möglich. Neuronennetze ohne diese Normierung zeigen ebenfalls eine Tendenz zum Gleichgewicht, jedoch nur dann, wenn die Skale der Kopplungsparameter hinreichend klein ist.

Es ist naheliegend, im obigen Neuronennetzkonzept alle Faktoren der Form $(1 + Dy)$ oder $1/(1 + Dy)$ durch eine Exponentialfunktion, d. h. $\exp(Dy)$ bzw. $\exp(-Dy)$, zu ersetzen.

Damit ist eine Berücksichtigung der Nernstschen Umkehrung des Weber-Fechnerschen Gesetzes an den Synapsen der Neuronen möglich [9].

Zusammenfassende Überlegungen

Zunächst ist festzustellen, daß bei den Simulationen mit Verstärkung des Kopplungseinflusses eine dominierende Tendenz zu Gleichgewichten eintritt. Damit werden die Existenzfenster chaotischer Bewegungen immer schmaler. Andererseits verstärkt sich damit offenbar die Hinwendung zur Approximation des Verhaltens entsprechender gewöhnlicher Differentialglei-

chungen, von denen bekannt ist (*Arneodo, Collet*), daß das Chaos dort sehr enge Existenzfenster hat.
Es könnte sich dabei also um einen quasistetigen Übergang zum Verhalten entsprechender gewöhnlicher Differentialgleichungen handeln.
Dort, wo als Reste chaotischer Bewegungen noch periodische Bewegungen beobachtet werden, konnte bei den Simulationen ein stetiges Herauswachsen aus dem Gleichgewichtszustand bei Vergrößerung der Schrittvariablen D festgestellt werden, das bei großen Werten von D nicht etwa erneut in ein (numerisches) Chaos mündet, sondern in Schwankungen der Periode 2.
Generell scheint es so zu sein, daß Chaos erhalten wird, wenn man genügend nahe an einem System fast ungekoppelter chaotischer Teilchen verbleibt, d. h., D hinreichend klein ist. Andererseits können prächaotische Erscheinungen auftreten, wenn gewisse Parameter extreme Werte annehmen, z. B. die Exponenten l_i.
Wenn es auch wegen der Umkehrung des Weber-Fechnerschen Gesetzes (Nernstsches Gesetz) sehr verführerisch erscheint, bei der Einkopplung der Wechselwirkung die durch die Exponentialfunktion gegebene „natürliche Iteration" zu verwenden, so soll hier noch auf die Möglichkeit hingewiesen werden, Verfahren mit der „direkten Iteration" dadurch zu gewinnen, daß lokale Modelle aller zu berücksichtigenden Zeitreihen einbezogen werden. Intelligentes Verhalten können derartige Neuronennetze zeigen, wenn man eine zweite Ebene einführt, von der aus die Parameter der unteren Ebene (Chaosparameter, Kopplungsparameter) steuernd beeinflußt werden. Hierfür hat bereits *E. R. Caianello* ein interessantes Konzept angegeben, in dem Kohärenzen von Neuronenerregungen und Relaxationseffekte der $g_i x_j$ wirksam werden [4].
Man kann daran denken, in relativ natürlicher Weise die zweite Ebene wiederum nach obigem Konzept zu organisieren, jedoch so modifiziert, daß dort ähnlich wie in [4] bilineare Ausdrücke in den Zustandsgrößen der unteren Ebene wirksam werden.
Die Entscheidungen der 2. Ebene könnten in Abhängigkeit von einem globalen Gütekriterium (Fitness-Kriterium) erfolgen, so daß damit zielgerichtetes Lern- und Assoziationsverhalten ermöglicht wird.
Für das hier vorgestellte Hyperzyklusmodell erscheint der beobachtete Drang des Systems, einen Gleichgewichtspunkt im Inneren des Simplex anzulaufen, als besonders wesentlich. Der sonst beobachtete Nachteil des deterministischen Hyperzyklus, bei dem die Zustandsgrößen den Begrenzungen des Simplex immer wieder sehr nahe kommen, wird dabei weitgehend vermieden.

Literatur

[1] *McCulloch, W. S.; Pitts, W.:* Bull. Math. Biophysics 5, 115 (1943).
[2] *Rosenblatt, F.:* Principles of Neurodynamics. Washington D. C.: Spartan 1961.
[3] *Hopfield, J. J.; Tank, D. W.:* Computing with Neural Circuits: A Model. Science, Vol. 223 (Aug. 1986), S. 625–633.
[4] *Caianello, E. R.:* Outline of a Theory of Thought-Processes and Thinking Machines. Journ. Theoretical Biology (1961) 2, S. 204–235.
[5] *Mkrtschian, C. O.:* Neuronen und Neuronennetze. Moskau: Energija 1971.
[6] *Peschel, M.; Mende, W.:* Predator-Prey Models. Do we live in a Volterra World? Berlin: Akademie-Verlag 1986; Wien: Springer-Verlag 1986.
[7] *Wiener, N.:* Nonlinear Problems in Random Theory. MIT 1958.
[8] *Voigt, H. M.:* Evolution und Optimierung. Dissertation B. AdW der DDR 1986.
[9] *Voigt, H. M.:* Optimization by Replicator Networks. Systems Anal. Sim. Mod. (to appear).
[10] *Kirkpatrick, S.; Gelatt* jun., *C. D.; Vecci, M. P.:* Optimization by Simulated Annealing. Science Vol. 220 (1983) No. 4598, S. 671–680.
[11] *Eigen, M.; Schuster, P.:* The Hypercycle: A Principle of Natural Selforganization. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1979.
[12] *Peschel, M.; Mende, W.; Breitenecker, F.:* Anwendung der diskreten Theorie der ratengekoppelten Systeme in der Regelungstechnik. msr, Berlin 30 (1987) 7, S. 322–324.
[13] *Peschel, M.; Mende, W.; Breitenecker, F.:* Models of Biodynamical Systems with the Lotka-Volterra Approach. Tagungsbericht „Mathematische Modelle in der Biologie". Mathematisches Forschungsinstitut der BRD. Oberwolfach 1987.

msr 8775 Prof. Dr. rer. nat. habil. *M. Peschel*, Dr. sc. nat. *H. M. Voigt*, AdW der DDR, Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau; Dipl.-Math. *W. Mende*, AdW der DDR, Institut für Geografie und Geoökologie; Dr. *J. Wolf*, Zeuthen; Dr. *H. Herzel*, Humboldt-Universität zu Berlin, Sektion Physik; Doz. Dr. *F. Breitenecker*, TU Wien, Institut für Technische Mathematik.

Zur Berechnung der Gewichts- und Übergangsfunktionen eines $PT_nD_{tm}T_L$-Gliedes aus der Übertragungsfunktion

Für die Simulation von Abtastregelungen im Zeitbereich, aber auch für andere Anwendungen, hat die Möglichkeit einer geschlossenen Darstellung der Übergangsfunktion eine besondere Bedeutung. Es ist damit möglich, ein universelles Unterprogramm für $PT_nD_{tm}T_L$-Strecken beliebiger Ordnung zu schreiben. In der Praxis ist die Beschränkung auf disjunkte Polstellen keine entscheidende Einschränkung, da man für einen r-fachen Mehrfachpol immer r ausreichend benachbarte Pole, bei kleinem Fehler, wählen kann.
Die Übertragungsfunktion sei in der folgenden Produktform gegeben

$$G(p) = K \frac{\prod_{l=1}^{m} (pT_{Dl} + 1)}{\prod_{k=1}^{n} (pT_k + 1)} \exp(-pT_L) \tag{1}$$

mit $m < n$, $T_i \neq T_j$ für $i \neq j$ für alle $i, j \in [1, n]$.
Nach der Partialbruchzerlegung

$$\frac{\prod_{l=1}^{m} (pT_{Dl} + 1)}{\prod_{k=1}^{n} (pT_k + 1)} = \sum_{j=1}^{n} \frac{c_j}{pT_j + 1} \tag{2}$$

bzw.

$$\prod_{l=1}^{m} (pT_{Dl} + 1) = \sum_{j=1}^{n} \frac{c_j \prod_{k=1}^{n} (pT_k + 1)}{pT_j + 1} \tag{3}$$

ergibt sich durch Einsetzen der Pole des Nennerpolynoms $p_l = -1/T_l$, $i = 1(1)\,n$, das lineare Gleichungssystem

$$\boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{c} = \boldsymbol{d}$$

mit

$$\left.\begin{aligned} &\boldsymbol{c}^T = (c_1 \dots c_j \dots c_n)\,, \\ &\boldsymbol{d}^T = (d_1 \dots d_i \dots d_n)\,, \\ &d_i = T_i^{-m} \prod_{l=1}^{m} (T_i - T_{Dl})\,, \\ &\boldsymbol{B} = [b_{ij}]\,, \\ &b_{ij} = \frac{\prod_{k=1}^{n} (T_i - T_k)}{T_i^{n-1}(T_i - T_j)}\,, \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} &i = 1(1)\,n\,, \\ &j = 1(1)\,n\,. \end{aligned} \tag{5}$$

Nach Vergleich der Indizes und Kürzen erhält man

$$-\, b_{ij} \equiv 0 \text{ für alle } i \neq j \text{ und alle } i = k$$

$$-\, b_{ii} = T_i^{-(n-1)} \prod_{k=1}^{n} [\delta_{ik} + (T_i - T_k)] \text{ für alle } i = j$$

mit

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{für } i = k \\ 0 & \text{für } i \neq k\,, \end{cases}$$

wobei die Einführung des Kronecker-Symbols als Markierungsfunktion die einfache Schreibweise des Produkts gestattet. Damit hat $\boldsymbol{B}$ Diagonalstruktur

$$\boldsymbol{B} = \begin{bmatrix} b_{11} & & 0 \\ & \ddots & \\ & & b_{ii} \\ & & & \ddots \\ 0 & & & & b_{nn} \end{bmatrix} = \operatorname{diag}[b_{11} \dots b_{ii} \dots b_{nn}] \tag{6}$$

und die Partialbruchkoeffizienten lauten

$$c_i = \frac{d_i}{b_{1i}} = \frac{T_i^{n-m-1} \prod_{l=1}^{m} (T_i - T_{Dl})}{\prod_{k=1}^{n} [\delta_{ik} + (T_i - T_k)]}, \tag{7}$$

bzw.

$$c_i^* = T_i^{-1} c_i = \frac{T_i^{n-m-2} \prod_{l=1}^{m} (T_i - T_{Dl})}{\prod_{k=1}^{n} [\delta_{ik} + (T_i - T_k)]} = \operatorname{Res}_{-1/T_i} \{G(p)\}. \tag{8}$$

Rücktransformation von

$$G(p) = K \cdot \sum_{j=1}^{n} \frac{c_i^*}{\left(p + \frac{1}{T_i}\right)} \cdot \exp(-pT_L) \tag{9}$$

ergibt die Gewichtsfunktion

$$g(t) = K \cdot \sum_{i=1}^{n} c_i^* \exp\left(-\frac{t - T_L}{T_i}\right), \quad t \geqq T_L. \tag{10}$$

Die Übergangsfunktion erhält man durch Integration der Gewichtsfunktion

$$h(t) = \int_0^t g(\tau)\, d\tau = K \cdot \sum_{i=1}^{n} c_i \left[1 - \exp\left(\frac{t - T_L}{T_i}\right)\right], \quad t \geqq T_L. \tag{11}$$

Da für stabile Systeme $\lim_{t \to \infty} \frac{h(t)}{K} = 1$ gilt, d. h. $\sum_{i=1}^{n} c_i = 1$, läßt sich (11) darstellen als

$$h(t) = K\left(1 - \sum_{i=1}^{n} c_i \cdot \exp\left(-\frac{t - T_L}{T_i}\right)\right), \quad t \geqq T_L. \tag{12}$$

Durch weitere Integration kann die Streckenantwort auf Rampen- oder Beschleunigungsfunktionen bzw. die Übergangsfunktion einer Strecke mit I-Anteil ermittelt werden. Für eine μ-fache Integration (entspricht einem μ-fachen Pol der Übertragungsfunktion im Ursprung) kann die geschlossene Darstellung

$$\frac{1}{p^\mu} G(p) \bullet\!\!-\!\!\circ \int_0^t \cdots \int_0^t g(\tau)\, (d\tau)^\mu = K \cdot \sum_{i=1}^{n} c_i^* \times$$

$$\times \left\{\left[\sum_{\nu=1}^{\mu} \frac{(-1)^{\nu+1}}{(\mu - \nu)!} T_i^\nu t^{\mu-\nu}\right] + \right.$$

$$\left. + (-1)^\mu T_i^\mu \exp\left(-\frac{t - T_L}{T_i}\right)\right\}, \quad t \geqq T_L, \tag{13}$$

angegeben werden.

msr 8722 *M. Lichtblau*, Student an der Sektion Technische Kybernetik und Elektrotechnik, Wissenschaftsbereich Prozeßmeßtechnik, der TU „Otto von Guericke" Magdeburg.

Informationen zu neuen internationalen Vorschriften der Elektro- und Automatisierungstechnik (Teil 1)

In Fortsetzung der Auswertung wichtiger Vorschriften der IEC bzw. anderer Länder [1] und [2] sollten für Weltstandsvergleiche zur schnelleren Entwicklung von Erzeugnissen nachfolgende Publikationen der Jahre 1985/86 [3] bis [5] Beachtung finden:

IEC 880 (Ausgabe 1986)

„Software für Rechner im Schutzsystem von Kernkraftwerken"
Diese IEC-Vorschrift enthält Anforderungen der Software für Digitalrechner, die in Sicherheitssystemen von Kernkraftwerken eingesetzt werden sollen und ist auf die Auslegungsrichtlinie (Safety Guide 50 der SG-D3) der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) zugeschnitten. In der IEC 880 werden unter Digitalrechnern sowohl zentrale Großrechneranlagen als auch Multiprozessorsysteme verstanden, und die Sicherheitssysteme der IAEA entsprechen in der Vorschrift dem aktiven Teil des Reaktorsicherheitssystems mit dem Reaktorschutzsystem, den Antrieben des Sicherheitssystems sowie den Systemen der Kühlung und Stromversorgung u. a., die für die Sicherheitssysteme benötigt werden.
Die Vorschrift ist unterteilt in

- Anwendungsbereich
- Projektstruktur (Aufteilung des Projekts in technische Forderungen, Prüfungen, Analysen, Dokumentation für Sicherheitssysteme)
- Anforderungen an die Software
- Entwurf, Kodierung der Software (als Empfehlung gegliederte Prioritäten, Realisierung, Prüfbarkeit)
- Verifikation (Prüfung der Software, Festlegung der Entwicklungsschritte)
- integrierte Hard- und Software (Anforderungen an die Verbindungen der Hardwareeinheiten, Programmverbinder, Laden der Software in Hardware, Prüfung der Schnittstellenanforderungen)
- Validierung der Rechnersysteme (Festlegung der Prüfprogramme der Rechnersysteme für Sicherheitssysteme und durchzuführende Prozeduren für Wartung und Betrieb)
- Festlegungen zur Wartung, Änderung und zum Betrieb
- Anhänge A bis F mit Angaben über anzuwendende Verfahren und Erfüllung der im Hauptteil angegebenen Anforderungen.

IEC 874-1, 875-1, 876-1 (Ausgabe 1986)

„Steckverbinder für Lichtwellenleiter; Teil 1: Fachgrundspezifikation"
„Optische Lichtwellenleiter, Verzweiger; Teil 1: Fachgrundspezifikation"
„Optische Lichtwellenleiter, Schalter; Teil 1: Fachgrundspezifikation"
In diesen IEC-Publikationen sind alle allgemeingültigen Anforderungen für Lichtwellenleiter-Steckverbindungen, -Verzweiger und -Schalter zusammengefaßt. Den größten Teil nehmen die Beschreibungen der optischen, mechanischen und klimatischen (Umwelt) Meß- und Prüfverfahren ein, und diese können in den später erscheinenden Teilen als Referenz für alle zur Qualitätskontrolle notwendigen Meßverfahren dienen. Darüber hinaus werden in den IEC 874-1 und IEC 875-1 die generellen Bedingungen für eine Zusammensteckbarkeit bzw. deren Anschlußmöglichkeiten in Lichtwellenleiternetzen erläutert.

IEC 748-2 (Ausgabe 1986)

„Halbleiter-Bauelemente, Integrierte Schaltungen; Teil 2: Integrierte Digitalschaltungen"
Die IEC-Publikation 748-2 enthält alle wichtigen Begriffe, Kurzzeichen, Datenblattangaben, Meßverfahren, Abnahmeregeln und Zuverlässigkeitsangaben, die bei der Erstellung von Spezifikationen für integrierte Digitalschaltungen benötigt werden. Diese Festlegungen sind für die Bauelementekategorien kombinatorische und Folgeschaltungen, Speicherschaltungen, Mikroprozessoren und Ladungsverschiebeschaltungen aufgeführt.

IEC 79-10 (Ausgabe 1986)

„Explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel; Teil 10: Zoneneinteilung"

Der Anwendungsbereich für die IEC-Report-Publikation ist gegeben für die Bereiche, die durch brennbare Gase oder Dämpfe im Gemisch mit Luft explosionsgefährdet sind. Nicht zugelassen ist die Anwendung für die Bergbaubereiche, für Gefahren durch Explosivstoffe, Stäube und Flock, ferner bei katastrophenartigen Ereignissen sowie bei Zündquellen, die mit elektrotechnischen Betriebsmitteln verbunden sind.
Der IEC-Report enthält neben einigen Begriffsbestimmungen für den Explosionsschutz (z. B. der Zonen 0, 1, 2) auch allgemeine Grundlagen für die Zonenfestlegungen und die Beschreibungen für die Einflußfaktoren, die wesentlichen Einfluß auf die Festlegungen von der Art und der Ausdehnung der Zonen haben (z. B. Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeiten, Explosionsgrenzen, Dichte, Luftbewegungen). Sodann werden nähere Erläuterungen zum Einfluß der Quellbedingungen explosionsfähiger Gemische (Klassifizierung der Quellen nach der Häufigkeit und Dauer) und der Luftbewegungen (Ventilation) im fraglichen Bereich (mit fehlender, natürlicher oder künstlicher Lüftung) gegeben.

CISPR 14 (Ausgabe 1986)

„Grenzwerte und Meßverfahren für Funkstörungen von Elektro-Haushaltsgeräten, handgeführten Elektrowerkzeugen u. ä. Elektrogeräten"
Diese internationale Publikation ersetzt die Ausgabe von 1975 und beinhaltet die Änderungen des Jahres 1980. Sie enthält präzisierte Angaben über die Meßmethoden und Grenzwerte für den Bereich von 150 kHz bis 300 MHz für die Funkstörungen, die an Elektrohaushaltgeräten, handgeführten Elektrowerkzeugen u. ä. Elektrogeräten auftreten können. Bedeutende aufgenommene Änderungen betreffen die Bereiche Netznachbildung bei Störspannungsmessungen und normierte Betriebsarten für neue Erzeugnisgruppen (Gleichrichter, Umrichter, Tonbandgeräte, technische Spielzeuge).

IEC 534-6 (Ausgabe 1986)

„Stellventile für die Prozeßregelung; Teil 6: Befestigung von Stellungsreglern an Stellventilantrieben; Montageeinzelheiten"
Zweck der Herausgabe dieser neuen IEC-Publikation war es, die Befestigung eines Stellungsreglers für lineare Bewegungen kleiner 100 mm zu vereinheitlichen. Es werden in dieser Norm grundsätzliche Konstruktionsmerkmale für den Regler, die Rückführverbindungen und den Antrieb sowie den kompletten Lieferumfang eindeutig beschrieben.

IEC 873 (Ausgabe 1986)

„Methoden der Beurteilung des Betriebsverhaltens von analogen elektrischen und pneumatischen Streifenschreibern in Systemen der industriellen Prozeßtechnik"
In der IEC-Publikation werden Untersuchungsverfahren und die Auswertung von Meßergebnissen für analoge Streifenschreiber beschrieben, die mit einem oder mehreren Schreibwerken ausgerüstet sein können und entweder als Linien- oder Punktschreiber arbeiten. Zur Beurteilung des Betriebsverhaltens werden die grundlegenden statischen und dynamischen Eigenschaften und Einflußfaktoren ermittelt und ausgewertet.

IEC 380 (Ausgabe 1986)

„Sicherheit elektrotechnischer Büromaschinen"
Diese bereits bestehende IEC-Norm wurde im Jahre 1985 überarbeitet und in folgenden Bereichen geändert:

- Reihenfolge der Prüfgänge
- Beurteilung äußerer Gehäuseöffnungen
- höchstzulässige Temperaturen äußerer berührbarer Teile und Oberflächen
- Standfestigkeit
- Implosionsschutz von Bildröhren
- zulässige Isolationsstrecken beim Verschmutzungsgrad 1, insbesondere bei gekapselten und imprägnierten Teilen sowie lackierten Leiterplatten
- Wärmebeständigkeit ohne Glühdornprüfung
- Dicke der Isolation bei Einbautrenntransformatoren
- Anhang mit neuer Entflammbarkeitsprüfung.

IEC 94-6 (Ausgabe 1986)

„Aufnahme- und Wiedergabesysteme für Schallaufzeichnungen auf Magnetband"
In der neuen IEC-Publikation wurden die wesentlichen mechanischen Anforderungen und maßliche Festlegungen der Magnetbandgeräte, die für Schallaufzeichnungen bestimmt sind, erfaßt. Sie sind bereits Bestandteil der BRD-Normen DIN 45 511 bis 45 517. Es werden im einzelnen die maßlichen Anforderungen an Wickelkerne, Spulen und die relevanten Spurlagen von der Vollspur auf 6,3 mm breitem Band bis zu 32 Spuraufzeichnungen auf 50,8 mm (2″)-Magnetband festgelegt.

IEC 50 (Ausgaben 1985 bis 1986)

„Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch (IEV)"
In den Jahren 1985 und 1986 wurden weitere Kapitel des IEV neu erarbeitet bzw. ergänzt. Dazu gehört:
Kapitel 600 über Begriffe zur Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie mit der Unterteilung:

601 Grundlegende Begriffe zur Konfiguration von Netzen, Anlagen und Hochspannungsgleichstrom-Übertragungsnetzen (HGÜ)
602 Erzeugung (Kraftwerke, Erzeugungsanlagen, Betrieb von Kraftwerken)
603 Netzplanung und Netzführung
604 Betriebsführung
605 Stationen (Arten von Stationen, Anordnungen, Stationseinrichtungen, Hilfseinrichtungen).

IEC 417 G (Ausgaben 1973 bis 1986)

„Grafische Symbole für Einrichtungen (Bildzeichen)"
In diese ergänzte IEC-Publikation wurden 140 neue Bildzeichen aufgenommen, und sie enthält jetzt insgesamt 342 genormte Bildzeichen. Im einzelnen sind dies die Bereiche

- Schutz- und Erdleiter
- Arten und Anwendung von Lautsprechern
- elektrostatisch empfindliche Bauelemente
- Fernmeldeeinrichtungen
- elektromedizinische Geräte.

IEC 863 (Ausgabe 1986)

„Darstellung von Zuverlässigkeitsvorhersagen"
Die in dieser IEC-Publikation beschriebenen Zuverlässigkeitsvorhersagen umfassen die Gebiete Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Verfügbarkeit von Geräten und Systemen der Elektrotechnik. Als empfohlene Gliederung dieser zu bestimmenden Vorhersagen für die Bereiche Hardware, Software und der menschlichen Einflüsse nennt die IEC 863:

- Anwendungsbereich und -zweck
- Kenngrößen zur Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Verfügbarkeit
- Vorgaben und Randbedingungen
- Analyse und Zuverlässigkeitsmodelle
- Datenquellen
- Rechenverfahren
- Vorhersageergebnis.

IEC 411-4 (Ausgabe 1986)

„Stromrichter auf Bahnfahrzeugen; Teil 4: Gleichstromsteller"
Diese IEC-Norm umfaßt die notwendigen Begriffsbestimmungen, Betriebsbedingungen, Eigenschaften und Prüfungen, die beim Herstellerwerk bzw. beim Einbau der Stromrichter in die Fahrzeuge zu beachten sind.

msr 8671 Ing. Ing. *H. Klouet*, leitender wissenschaftlicher Mitarbeiter und Koordinierungsbeauftragter für Standardisierungsaufgaben der Automatisierungstechnik im ZFT des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau Berlin.

(wird fortgesetzt)

4. Lehrgang „Entwurf von Binärsteuerungen für die Anlagenautomatisierung"

Vom 20. bis 24. April 1987 fand der 4. Lehrgang zum „Entwurf von Binärsteuerungen für die Anlagenautomatisierung" in Cunnersdorf statt. Die vom FUA 10.2 des FA 10 „Projektierung von Automatisierungsanlagen" der WGMA in Verbindung mit dem Bezirksvorstand Leipzig der KDT durchgeführten Lehrgänge haben das Ziel, Praxiskader mit neuen Forschungsergebnissen und Entwicklungstendenzen vertraut zu machen. 26 Hoch- und Fachschulkader, die als Aufgabensteller oder Projektanten in 16 Betrieben und Kombinaten der DDR auf dem o. g. Gebiet tätig sind, nahmen teil. Der Lehrgang wurde als Problemseminar zur Notierung von Aufgabenstellungen durchgeführt. An praxisnahen Beispielen fanden die Methoden „Funktionsplan" und „Binäre Prozeßanalyse/Prozeßablaufplan" Anwendung. Die Funktionsplandarstellung wurde zwischenzeitlich wesentlich erweitert, um insbesondere Parallelarbeit und kombinatorische Anteile besser darstellen zu können. Dies hat auch weitere neue Darstellungselemente zur Folge. Die nunmehr vorliegende Funktionsplandarstellung ist aber speziell auf die Fachsprache MPSS und damit auf die Hardwaresysteme des VEB Numerik „Karl Marx" zugeschnitten, so daß diese Beschreibung nicht mehr allgemein verwendbar ist. Demgegenüber ist die Darstellung als Prozeßablaufplan allgemein nutzbar. Sie kommt mit nur zwei Darstellungselementen aus. Die behandelten Beispiele zeigten, daß sich diese beiden Darstellungsformen auch größenmäßig kaum unterscheiden. In freimütiger Diskussion wurden die Vor- und Nachteile dieser Darstellungsmöglichkeiten als Basis für die rechnergestützte Entwurfsarbeit erörtert. Reges Interesse fand auch die Vorstellung der vorhandenen Programmpakete zum Steuerungsentwurf unter Nutzung von Bürocomputern bzw. Programmierarbeitsplätzen.

Ein nicht zu unterschätzender Wert dieser Lehrgänge liegt im intensiven Meinungsaustausch der Teilnehmer über beiderseitig interessierende Probleme. Von den Teilnehmern wurde auch der 4. Lehrgang als erfolgreich eingeschätzt. Gleichzeitig gab es viele Anregungen für die inhaltliche Gestaltung des 5. Lehrganges, der im Herbst 1988/Frühjahr 1989 geplant ist. Vertreter der Praxis werden dann ihre Wege und Ergebnisse bei der Einführung der rechnergestützten Projektierung von Binärsteuerungen vorstellen. Des weiteren ist geplant, informativ über Möglichkeiten und Ziele von Beratungs- und Expertensystemen zu berichten. Nähere Auskünfte über Teilnahmemöglichkeiten können an der Sektion Automatisierungsanlagen, WB 1, der Technischen Hochschule Leipzig eingeholt werden.

msr 8720 *M. Strüver*

Leserzuschrift zum Beitrag von H. Stahn: „Flexible evolutionsfähige Steuerung — Prämisse flexibler Produktion"

Im o. a. Beitrag (msr, Berlin 30 (1987) 6, S. 280–281) formuliert *H. Stahn* im Abschn. 2.:

„Eine Steuerung ist ein ... Automat".

Am Ende des Abschn. 4. ist zu lesen: „Jede dieser Steuerungen ist ... ein Einmikrorechner- oder Multimikrorechnersystem".

Aus diesen beiden Beispielen (es ließen sich noch weitere finden) geht hervor, daß der Autor den Begriff „Steuerung" im Sinne einer technischen Vorrichtung, also eines „Geräts", einer „Einrichtung" oder „Anlage", verstanden wissen will. Gegen eine solche Begriffsverwendung sollen einige Bedenken erhoben werden.

Allgemein ist wohl davon auszugehen, daß im Deutschen mit der Nachsilbe „ung" in erster Linie ein *Vorgang* bezeichnet wird. Das gilt im allgemeinen Sprachgebrauch (Beschaffung, Erledigung, Stärkung ...), insbesondere aber auch bei den kybernetischen Termini, die auf gleicher Begriffsebene wie „Steuerung" stehen. *Regelung* ist der Vorgang des Regelns (und nicht der Regler), *Störung* der Vorgang des Störens (und nicht der Störer), *Automatisierung* der Vorgang des Automatisierens (und nicht der Automat!).

Deshalb wäre es sowohl allgemein sprach- wie auch fachlogisch, unter „Steuerung" den Vorgang des Steuerns, d. h. des zielgerichteten Beeinflussens von Größen, zu verstehen. Die dazu benötigte technische Einrichtung, die *H. Stahn* in seinem Beitrag behandelt, sollte man „Steuereinrichtung" nennen, dies auch im Einklang mit TGL 14591, wo der Begriff „Steuerung" eindeutig im Sinne eines Vorgangs verstanden wird.

Natürlich ist eine Sprache lebendig, und man findet auch Beispiele, bei denen mit der Nachsilbe „ung" neben dem Vorgang auch eine dazu benötigte Einrichtung bezeichnet wird: „Verwaltung" bezeichnet Vorgang und diesen praktizierende Behörde, „Rückführung" Vorgang und Bauglieder, „Einrichtung" überhaupt vorzugsweise einen Gegenstand und nur ausnahmsweise ein Geschehen (etwa in „Baustelleneinrichtung").

Im Alltag lassen sich noch mißverständlichere Formulierungen finden. So hat es beispielsweise geraume Zeit gedauert, bis dem Schreiber dieser Zeilen aufgegangen war, daß der im Aufzug seines Wohnhochhauses angebrachte Spruch: „Während der Fahrt im Bereich der Steuerung bleiben!" ausdrücken wollte, daß man sich nicht aus dem Griffbereich der Bedientastatur entfernen möge.

Man sollte also nach Möglichkeit die Worte nicht unnötigerweise mehrdeutig und mißdeutbar verwenden, und bei der Steuerung als kybernetischem Grundbegriff sollte man schon bei der durch „Automatisierung", „Regelung", „Störung" festgelegten Linie bleiben!

msr 8761 *G. Brack*

Grundlagen der Automatisierungstechnik. Von *H. Töpfer* und *P. Besch.* Berlin: VEB Verlag Technik 1987. 332 Seiten, 273 Bilder, 24,— M.
Bestell-Nr. 553 6132

Angemessene Kenntnisse der Automatisierungstechnik gehören heute zum Grundwissen jedes Ingenieurs. Dieses Buch ist als Einführung gedacht und gibt einen ausgewogenen Überblick über alle gegenwärtig wichtigen Teilgebiete der Automatisierungstechnik. Die grundsätzlichen Strategien, Methoden und Verfahren werden anwendungsorientiert dargestellt und bilden den Schwerpunkt des Buches. Detaillierter als in vergleichbaren Lehrbüchern werden Gründe, Motive, Ziele, Möglichkeiten, Grenzen und auch Trends dargestellt. Dadurch stehen die einzelnen Abschnitte nicht ohne Bezug nebeneinander, sondern werden durch die Überblicksdarstellungen geschickt miteinander verbunden.
Mit der Wahl dieser Darstellungsform entstand ein modernes Lehrbuch, das sich in der Breite des behandelten Stoffes als auch in der didaktischen Aufbereitung von manchem „konventionellen" Lehrbuch deutlich abhebt. Neben den „klassischen" Wissensgebieten, wie Regelungstechnik oder Schaltsysteme, wurden vor allem auch moderne Gebiete aufgenommen, die durch den Einzug der Mikroelektronik und durch Ausweitung der Automatisierungstechnik in weitere Anwendungsbereiche, wie Laborautomatisierung, Entwurf, Konstruktion, Projektierung oder Planung und Leitung, aktuell sind.
Hardware und Softwareprobleme bei Mikrorechnern in Steuereinrichtungen werden ebenso behandelt wie die weiterentwickelte konventionelle Gerätetechnik der Hydraulik und Pneumatik. Die Begriffswelt von CAD, CAM, CAP usw. wird aufgehellt und der tiefgreifende Bezug zur Automatisierungstechnik, ohne die diese Schlüsseltechnologien nicht entstanden wären, hergestellt. Hauptabschnitte sind: Einführender Überblick; Begriffe, Darstellungsformen, Funktionen; Grundkonzepte der Automatisierungstechnik; Diskrete Steuerungen; Mathematische Beschreibung analoger Steuerungselemente; Regelalgorithmen und Regeleinrichtungen; Beschreibung von Automatisierungsobjekten — Prozeßanalyse/Modellbildung; Entwurf und Verhalten von Regelkreisen; Systeme mit nichtlinearen Elementen; Konzipierung und Entwurf von Automatisierungslösungen.
Das Buch ist in erster Linie für Studenten und Anwender aus den Bereichen Elektrotechnik, Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Landwirtschaft u. a. gedacht. Es ist sicher auch mit Vorteil in der Weiterbildung von Ingenieuren, Naturwissenschaftlern und Ökonomen einsetzbar, die auf diesem Gebiet noch keine Ausbildung erhalten konnten. Außerdem soll mit diesem Buch ein Beitrag zur Förderung der sich ständig erweiternden interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Fachleuten unterschiedlicher Disziplinen geleistet werden. Diesen Zielstellungen der Verfasser wird das auch in der typografischen Gestaltung ansprechende Buch in jeder Weise gerecht. Es wird sicher einen großen Leserkreis finden. B 2295 *W. Fritzsch*

Signalübertragung. Reihe Informationselektronik. Von *G. Fritzsche.* Berlin: VEB Verlag Technik 1987. 189 Seiten, 53 Bilder, 35 Tafeln. 19,— M.
Bestell-Nr.: 553 7338

Die Broschüre behandelt Methoden und Verfahren der Signalübertragung, wobei von der typischen Aufgabenstellung der Erzeugung gewünschter Wirkungen bei vorgegebenen Ursachen ausgegangen, wird. Nach einem Überblick, in dem die Methoden und Kennwerte im Mittelpunkt stehen, folgt ein Abschnitt über analoge Zwei- und Vierpole. Anschließend werden die zunehmend Bedeutung erlangenden zeitdiskreten Systeme im Zeit- und Frequenzbereich behandelt. Ein weiterer Abschnitt gibt einen Einblick in den Filterentwurf, wobei Analog- und Digitalfilter betrachtet werden. Im Abschnitt „Systemtheorie" stehen Schalt-, Abtast- und Rauschvorgänge im Mittelpunkt. Ausführungen zu technischen Anwendungen aus den Gebieten der elektrischen Nachrichtentechnik, der Prozeßmeßtechnik sowie der Automatisierungstechnik schließen die Broschüre ab.
Die bekannte didaktisch gelungene Darstellungsweise des Autors läßt trotz der gebotenen Kürze den Querschnittscharakter und den theoretischen Hintergrund klar hervortreten. Dies betrifft auch die organische Einbeziehung der digitalen Signalverarbeitung und -übertragung. Nicht behandelt werden die Aufgaben der Optimalfilterung, für die ein weiterer Band angekündigt wird. Das angegebene Literaturverzeichnis erleichtert durch entsprechende Kommentare ein weitergehendes Studium.
Hervorzuheben sind die in den einzelnen Abschnitten jeweils angegebenen Beispiele und Aufgaben, die besonders für Studierende sehr nützlich sind.
Bei einer Neuauflage sollte die Definition der Einschwingzeit auf 95% vom Endwert gemäß TGL bzw. DIN berücksichtigt werden.
Beim Leser werden Grundkenntnisse der Systemtheorie vorausgesetzt. Der Band kann Studenten sowie Hoch- und Fachschulingenieuren in Forschung und Entwicklung sehr empfohlen werden.
B 2290 *E.-G. Woschni*

Aufbau und Arbeitsweise von 16-Bit-Mikroprozessoren. Band 226 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Von *W. Grafik.* Berlin: VEB Verlag Technik 1987. 96 Seiten, 35 Bilder, 15 Tafeln, 4,80 M.
Bestell-Nr.: 553 7557

Dieses Buch ist dazu prädestiniert, auf Schreibtischen griffbereit zu liegen, nicht aber in Bücherregalen zu verstauben. Denn es ist eine gelungene Darstellung dreier wichtiger Entwicklungslinien bei den 16-Bit-Mikroprozessoren: U 8000 (Z 8000), K 1810 (Intel 8086) und Motorola 68000.
Die Gliederung, sowohl horizontal nach Architekturen und Adressierungsarten als auch vertikal nach den drei Prozessortypen angelegt, orientiert sich vor allem an den Lesern, die — und sie dürften in der Mehrzahl sein — einen Typ ausführlich studieren wollen und an den anderen beiden überblickshalber interessiert sind. Der Werkzeugcharakter des Bandes wird dadurch betont.
Beim Vergleich der Prozessoren sollten jedoch nicht nur die Kriterien der Zugriffs- und Rechenzeiten sowie des funktionellen Leistungsumfanges herangezogen werden, es muß auch der für Spezial- und Standardschaltkreise erforderliche Aufwand bedacht werden. Leider ist es — wahrscheinlich aus Platzmangel — nicht möglich gewesen, die Hilfsmittel vollständig darzustellen. Beispielsweise ist die Übersicht zur Assemblermnemonik hinsichtlich der Adressierung nicht vollständig, weil sie die Segmentadressierung nicht ausführlich genug berührt. Die Aussagen zur Software sind ebenfalls äußerst knapp gehalten, obwohl der Autor in der Lage sein dürfte, auch dafür eine informative und praxisnahe Darstellung vorzulegen, die die unterschiedlichen Betriebssysteme vergleichend bewertet (z. B. Erfordernis einer Festplatte), auf die TURBO-Konzepte eingeht usw.
Trotz dieser Einschränkungen ist das Buch allen zu empfehlen, die sich mit der Entwicklung von mikrorechnergestützten digitalen Systemen befassen und deshalb an einem vertieften Verständnis der Arbeitsweise von Mikroprozessoren interessiert sind. B 2299 *K. Fritzsch*

Mikrocomputergeregelte Asynchronmaschinen. Grundlagen und Anwendungen. Von *D. Dietrich* und *W. Konhäuser.* München/Wien: R. Oldenbourg Verlag 1986. 242 Seiten.

Drehzahlgeregelte Antriebe mit Asynchronmaschinen werden erst durch den

Einsatz von Mikrorechnern als Regler im größeren Umfang in die Praxis Eingang finden. Es ist deshalb naheliegend, die Probleme der Drehzahlregelung von Asynchronmaschinen mit den Problemen der digitalen Signalverarbeitung mit Mikrorechnern im Zusammenhang zu betrachten. Das Buch stellt einen ersten Versuch in dieser Richtung dar. Die Hauptabschnitte behandeln

- Mathematische Darstellung der Asynchronmaschine
- Systemtheoretische Darstellung der Asynchronmaschine
- Stationäres Verhalten der Asynchronmaschine
- Einführende Betrachtungen zur digitalen Regelung
- Statische Stromrichter zur Drehzahlstellung der Asynchronmaschine
- Mikrocomputer-Systeme
- Regelung über statische Kennlinien
- Drehfrequenzregelung mit unterlagertem Drehmomentregelkreis
- Feldorientierte Regelung
- Regelung von Kaskadenschaltungen der Asynchronmaschine (untersynchrone Stromrichterkaskade)
- Spezielle Verfahren.

Grundlage des Buches ist eine verhältnismäßig ausführliche, auch mathematisch fundierte Darstellung des Betriebsverhaltens von Asynchronmaschinen. Auch die klassischen Grundlagen kontinuierlicher und diskontinuierlicher (zeitdiskreter) Regelungen werden breit erläutert. Die Darstellungen zur Regelung der Asynchronmaschine selbst konzentrieren sich überwiegend auf die Kennlinienregelung mit und ohne unterlagertem Drehmomentregelkreis. Dagegen werden feldorientierte Regelverfahren verhältnismäßig knapp dargestellt, ebenso Optimierungsverfahren für digitale Regelungen. Der Abschnitt über Mikrorechnerhard- und -software gibt eine Übersicht über Lösungsmöglichkeiten. Für die Bearbeitung konkreter Entwicklungsaufgaben genügt sein Studium keinesfalls, sondern es müssen umfangreiche Kenntnisse der Mikrorechnerhard- und -software dazutreten.
Ausgehend von dem sowohl in der DDR als auch international vorliegenden Fundus an Veröffentlichungen, Tagungsunterlagen usw. hätte man sich sicher eine tiefergehende Behandlung der genannten, sehr aktuellen Probleme gewünscht. Soweit experimentelle Ergebnisse mitgeteilt werden, beziehen sich diese auf Maschinen relativ kleiner Leistung, die nicht immer als repräsentativ für die bereits in Betrieb befindlichen Anlagen anzusehen sind.
Das Buch ist im allgemeinen flüssig und leicht verständlich geschrieben. Der Leser wird jedoch einige Schwierigkeiten mit Inkonsequenzen in der Bezeichnung haben (Verwendung von 1/2 zur Kennzeichnung der Größen der Stator- und Rotorwicklung und der international üblichen Bezeichnung s und r nur zur Kennzeichnung des Koordinatensystems; Verwendung von E zur Kennzeichnung der inneren Spannung der Maschine in einem Bezeichnungssystem, das ansonsten nur einheitlich Spannungen U kennt.).
Auch wenn im Einzelnen einige Vertiefungen und Erweiterungen notwendig sind, fördert das Buch die technische Entwicklung auf dem sehr aktuellen Gebiet der mikrocomputergeregelten Asynchronmaschinen. B 2178 *R. Schönfeld*

Zustandsregelung. Theoretische Grundlagen und anwendungsorientierte Regelungskonzepte. Von *P. Hippe* und *Ch. Wurmthaler*. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag. 338 Seiten, 98 Bilder.

Die neuere Regelungstechnik ist durch eine wachsende Anzahl von praktischen Anwendungen von Zustandsregelungen gekennzeichnet. Diese Entwicklung wurde durch Verfügbarkeit und gestiegene Leistungsfähigkeit der Mikrorechentechnik beeinflußt und gefördert. Der Vorteil der Zustandsregelung gegenüber klassischen Ansätzen besteht darin, daß die Regelkreisdynamik und damit die Regelgüte ohne vorherige strukturelle Fixierung des Reglers gezielter beeinflußt werden können. Nachdem die zugehörige Theorie einen gewissen Stand und Abschluß gefunden hat, stellen sich die Autoren die Aufgabe, die für einen praktischen Einsatz erforderlichen theoretischen Grundlagen zusammenfassend darzustellen. Im ersten Kapitel werden dazu die notwendigen Beschreibungsmethoden für lineare Systeme bereitgestellt, wobei ausführlicher auf Polynommatrizen und die Modellierung von Signalprozessen eingegangen wird. Ausgehend von den klassischen Methoden werden im Kapitel 2 Zweckmäßigkeit und Vorteile der Zustandsregelung erläutert. Der chronologischen Entwicklung folgend werden im Kapitel 3 die Entwurfsverfahren im Zeitbereich behandelt. Nach der Betrachtung von idealem Zustandsregelkreis, Zustandsbeobachter und Beobachter im Regelkreis werden die Ansätze mit erweitertem Zustandsbeobachter (*Johnson*) und mit Modellierung der zu Stör- und Führungsprozessen gehörenden Signalprozesse im Regler (*Davison*) ausführlich untersucht. Die Übersetzung der Zustandsregelungsmethoden in den Frequenzbereich und damit der Anschluß an die Denkweise der klassischen Regelungstechnik erfolgt im Kapitel 4. Die eigentliche Entwurfsaufgabe, die Suche nach den Parametern, die zu einer Regelkreisdynamik führen, die aufgrund gegebener Randbedingungen als optimal oder zumindest als zufriedenstellend angesehen werden kann, wird im Kapitel 5 mit Polvorgabeverfahren, optimaler Zustandsregelung mit quadratischem Gütekriterium sowie der Optimierung mit vektoriellem Gütekriterium gelöst. Einbezogen werden die Beobachterdynamik, Kalman-Filter und optimale Beobachter. Die Annahme eines exakten linearen Modells der Strecke ist zwar ein sinnvoller Ansatz, für den realen Zustandsreglereinsatz sind jedoch praktische Randbedingungen einzubeziehen. Im Kapitel 6 werden dazu Zustandsregelungen mit ungenauem Streckenmodell, Stellgrößenbeschränkung und Strukturumschaltung sowie Kaskadenzustandsregelung betrachtet. Relativ knapp wird im abschließenden Kapitel auf die Möglichkeiten der digitalen Zustandsreglerrealisierung eingegangen, wobei zunächst die diskrete Näherung des kontinuierlichen Reglers und anschließend die exakte Übertragung des kontinuierlich entworfenen Regelkreises in den diskreten Zeitbereich sowie die Wahl der Abtastfrequenz im Mittelpunkt stehen.
Mit diesem Buch ist es den Autoren gelungen, eine einheitliche zusammenfassende und didaktisch gut durchdachte Darstellung der komplexen Materie der Zustandsregelung in der klaren und verständlichen Sprache des „Regelungstechnikers" zu geben. Besonders wertvoll sind die zahlreichen Querbezüge zur klassischen Regelungstechnik und die Einbeziehung praktischer Belange des Reglerentwurfs. Dadurch ist das Buch nicht nur für den regelungstechnischen Nachwuchs, sondern auch für den in der Praxis stehenden Ingenieur geeignet, der sich in das Gebiet einarbeiten bzw. einen ausgewogenen Überblick zur Einordnung der zahlreichen Einzelveröffentlichungen verschaffen möchte. Straffe textliche Darstellung, auf mathematische Beweise, die den Rahmen sprengen würden, wurde verzichtet, eingefügte erläuternde Beispiele sowie ein ausführliches Literaturverzeichnis kommen diesem Anliegen sehr entgegen. B 2231 *J. Wede*

Prozeß-Ein- und -Ausgabebaugruppen des Automatisierungssystems audatec für verfahrenstechnische Prozesse. Reihe Automatisierungstechnik, Heft 11 B. Von *G. Lemke*. Betriebssektion der KDT und Hauptabteilung Anlagensystemtechnik des VEB GRW „Wilhelm Pieck" Teltow. 70 Seiten, 8,— M.

Da die Prozeßschnittstelle für die Einsetzbarkeit und Gebrauchseigenschaften eines Automatisierungssystems wesentliche Bedeutung hat, sind die Prozeßeingabe- und -ausgabebaugruppen des Automatisierungssystems *audatec* Gegenstand der Betrachtungen des Heftes.
Der Autor gibt dem Anwender und Nutzer einen zusammenfassenden Überblick über die kennzeichnenden Eigenschaften, Verwendung, Arbeitsweise, technische Daten, Anschlußbelegung und Funktionsprogrammierung der einzelnen Baugruppen.
In zusammenfassender Beschreibung werden Informationen über wichtige geräte- und baugruppenbezogene Eigenschaften vermittelt.
Ausführlich wird auf

- Analogeingabekarten
- Analogausgabebaugruppen
- Digitaleingabebaugruppen

— Digitalausgabebaugruppen
— Universalimpulszähler

eingegangen, wobei eine gute übersichtliche Form gewählt wurde. Detaillierte Informationen über die Baugruppen der Prozeßschnittstelle des audatec-Systems sind dem „Katalog Automation Bauteile" (KAB) des VEB GRW „Wilhelm Pieck" Teltow bzw. der Kundeninformation „ursadat 5000" des Kombinates VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow „Friedrich Ebert" zu entnehmen.
Die Broschüre kann über die Hauptabteilung Forschungsstrategie und -ökonomie bzw. über die Betriebssektion der KDT des VEB GRW Teltow, Oderstraße 74—76, Teltow, 1530, zum o. g. Preis bezogen werden. B 2203 *L. Blackert*

Physikalische Meßmethoden. Eine Einführung in die Prinzipien klassischer und moderner Verfahren. Von *H.-J. Kunze.* Stuttgart: B. G. Teubner 1986. 226 Seiten, 75 Bilder.

Es ist interessant, wie ein Experimentalphysiker ohne ein Foto, aber mit vielen leicht überschaubaren Prinzipskizzen, dem Leser physikalische Meßmethoden so klar erläutern kann, daß nicht nur Studenten der Physik, sondern auch Studenten der Ingenieurwissenschaften und der Chemie aktive Unterstützung bei der Ausbildung erhalten. Das Buch ist zunächst für das Studium gedacht, aber durchaus in der Praxis arbeitenden Wissenschaftlern und Ingenieuren zu empfehlen. Nach dem Vorwort und der Erläuterung der physikalischen Größen und Einheiten enthält der Abschnitt 3 Hinweise zur Versuchsplanung und die Eingrenzung auf 2 Klassen von Experimenten, nämlich auf Modellversuche und Analogieversuche. Im anschließenden Abschnitt wird die Auswertung von Messungen dargestellt. Fehlerquellen und Fehlerarten, Fehlerfortpflanzung sowie die Grundlagen der Fehlerrechnung werden beschrieben. Der Abschnitt 5 erklärt unter der Überschrift „Meßeinrichtung" die Übertragungseigenschaften der einzelnen Glieder einer Meßeinrichtung. Auch die Übertragungseigenschaften von Leitungen werden nicht vernachlässigt. Im Anschluß daran werden die natürlichen Grenzen der Messungen diskutiert.
Erst nach der jetzt abgeschlossenen gründlichen Vorbereitung auf Experimente wird im Abschnitt 7 ausführlich auf Detektoren eingegangen, die in Meßeinrichtungen verwendet werden können. Im Vordergrund stehen Detektoren für Teilchen und elektromagnetische Strahlung. Der letzte Abschnitt enthält Meßverfahren der hochauflösenden Spektroskopie. Der Verfasser stellt dem Buch voran, daß die wohldurchdachte Planung eines Experimentes von entscheidendem Einfluß auf den Erfolg ist. Dieser Grundsatz ist auch bei der Gestaltung des Inhalts des Buches verwirklicht worden. Die vielseitige Reihe der Teubner Studienbücher aus den Gebieten Physik, Chemie und Mathematik ist um einen Band reicher geworden.
B 2185 *A. Borgwardt*

Quantitative Spektroskopie. Von *H. J. Hediger.* Heidelberg: Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH. 180 Seiten, zahlreiche Bilder.

Als weiterer Band der Reihe „ABC der Meß- und Analysentechnik" (s. msr 26 (1983) 8, S. 474) liegt jetzt eine Darstellung der quantitativen Spektroskopie vor, wobei dieser Begriff relativ weit aufgefaßt wird, wie das Stichwort „Nephelometrie" erkennen läßt. In Anlage und Gestaltung fügt sich die Neuerscheinung in die bereits vorliegenden Bände dieser Reihe (s. z. B. msr 26 (1983) 10, S. 593/594) gut ein. Auch hier wird der Stoff unter Stichworten (123) abgehandelt, deren Erklärungen im Durchschnitt reichlich eine Seite umfassen und am Ende oft Hinweise auf weiterführende Literatur enthalten (insgesamt über 150 Literaturstellen). Im Unterschied zu anderen Bänden dieser Reihe wird allerdings von der Möglichkeit der Querverweise relativ sparsam Gebrauch gemacht. Viele beschriebene Begriffe tauchen als Stichwort nicht auf.
Inhaltlich befinden sich die Ausführungen zur spektroskopischen Analysenmeßtechnik auf aktuellem Stand und lassen erkennen, daß der Autor mit der Materie und den modernen Entwicklungen auf diesem Gebiet (z. B. Atomemissionsspektroskopie, Derivativspektroskopie, Fourier-Transformationsspektroskopie, Laserspektrophotometrie) gut vertraut ist. Die Weiterentwicklung dieser Analysentechnik hat in den vergangenen zwei Jahrzehnten zu teilweise recht erheblichen Erhöhungen der Nachweisempfindlichkeit geführt, auf die ausführlich eingegangen wird. So erscheint es durchaus gerechtfertigt, dieser Technik wieder mehr Aufmerksamkeit zu schenken und ihr einen eigenen Band in dieser Reihe zu widmen.
Die Erklärungen zu den einzelnen Stichworten sind gut verständlich, didaktisch geschickt aufbereitet und physikalisch korrekt; oft wird sogar auf den unrichtigen Gebrauch einzelner Begriffe hingewiesen und damit zur besseren begrifflichen Klarheit beigetragen. Die Abbildungen ergänzen die verbalen Erklärungen wirkungsvoll. Durch Anwendungsbeispiele werden die typischen Vorteile der besprochenen Verfahren i. allg. gut verdeutlicht. Sie belegen außerdem die große Praxisnähe der Stoffauswahl und der Darstellung; z. T. ist sogar die detaillierte Vorgehensweise bei einzelnen Analysenverfahren beschrieben.
Auf die allgemein-meßtechnischen Begriffe wurde leider nicht die gleiche Sorgfalt verwendet wie auf die Darstellung der speziellen Analysenverfahren. So durfte z. B. der Terminus „Eichen" nicht ohne einen einschränkenden Hinweis für Kalibrieren bzw. Einmessen verwendet werden, von Konzentration darf nur gesprochen werden, wenn ein Volumen im Nenner steht (s. z. B. S. 82), und die Bezeichnung „Fehler" für den Variationskoeffizienten (und zwar mit der Einheit „rel%") entspricht ebenfalls nicht der gebräuchlichen Terminologie der Meßtechnik. Oft werden einzelne Stichworte in ihren Erklärungen viel zu eng und speziell aufgefaßt (z. B. „Fehlerkurve", „Kompensation", „Streustrahlung", „Konzentrationsbestimmung" u. a.), ohne daß auf die i. allg. weit umfassendere Bedeutung dieser Begriffe hingewiesen wird.
Die Stoffabgrenzung und die davon abhängige Stichwortauswahl ist in einer derartigen, um konzentrierte Darstellung bemühten Publikation zwangsläufig stets subjektiv gefärbt, so daß natürlich auch andere Auffassungen dazu möglich sind. Darauf soll hier nicht eingegangen werden. Allerdings hätte man wohl zumindest erwarten dürfen, daß wenigstens das Substantiv aus dem Titel des Bandes als Stichwort auftaucht, insbesondere, da die saubere Abgrenzung der Spektroskopie von der Kolorimetrie, der Spektralfotometrie und der Fotometrie allgemein nicht ganz selbstverständlich als bekannt vorausgesetzt werden kann. B 2181 *H. Hart*

Formelsammlung zur Numerischen Mathematik mit Standard-FORTRAN 77-Programmen. Von *G. Engeln-Müllges* und *F. Reutter.* 5., überarbeitete und erweiterte Auflage. Mannheim/Wien/Zürich: Bibliographisches Institut 1986. 534 Seiten; Anhang: Standard-FORTRAN 77-Programme.

Auch für die 5. Auflage dieses hervorragenden Werkes zur numerischen Mathematik, das als Begleitbuch zur ebenso ausgezeichneten „Numerischen Mathematik für Ingenieure" der gleichen Autoren konzipiert ist, bleibt die positive Einschätzung der vorherigen Auflage (s. msr, Berlin 30 (1987) 5, S. 237) voll gültig. Neben einer insgesamt noch anschaulicheren und fehlerfreieren Darstellung ist besonders zu erwähnen, daß in der neuen Auflage eine durchgängige Programmorientierung auf die Sprache Standard-FORTRAN 77 vorgenommen wurde. Im Programmteil des Buches, der fast die Hälfte des Umfangs ausmacht, werden viele der Algorithmen des vorangestellten Textteils als Standard-FORTRAN 77-Programme vorgestellt. Enthalten sind u. a. Iterationsverfahren, Verfahren zur Polynomnullstellenberechnung, Verfahren zur Lösung von linearen Gleichungssystemen und zur Matrizenbehandlung einschließlich Eigenwertproblemen, diskrete Fourier-Transformation, Interpolations- und Spline-Verfahren, numerische Differentiation und Runge-Kutta-Verfahren. Das Buch ist eine Fundgrube für Anwender.
B 2271 *D. Werner*

Situationssteuerung. Theorie und Praxis. Von *D. A. Pospelov*. Moskau: Nauka 1986. 284 Seiten, 97 Bilder, 42 Tafeln.

In der letzten Zeit wenden sich Theorie und Praxis immer stärker der Steuerung nichttraditioneller, sogenannter schwach strukturierter Steuerobjekte zu, die man auch als Organisationssysteme bezeichnen kann. Deren wesentliche Besonderheiten kennzeichnet der Autor mit solchen Eigenschaften, wie Einmaligkeit (Unikalität), Unmöglichkeit, die Existenzziele zu formalisieren, fehlende Optimalität, evolutionäre Veränderung und unvollständige Beschreibung. Für die Steuerung derartiger Systeme sind offensichtlich die traditionellen Methoden der Technischen Kybernetik nicht anwendbar, wobei die Probleme insbesondere die Beschreibung der Steuerobjekte und die Berücksichtigung sowohl der spezifischen Funktion als auch des Verhaltens des Menschen und der möglichen Evolution derartiger Systeme betreffen.

Das Buch legt eine Herangehensweise dar, in der mit einer einheitlichen Sprache sowohl Steuerobjekte als auch -subjekte beschrieben werden können. Dabei wird angenommen, daß die Anzahl der möglichen Situationen sehr groß ist, demgegenüber aber die Anzahl möglicher Entscheidungen begrenzt bleibt. Gelingt es, die bezüglich der Entscheidungen unterschiedlichen Situationsklassen zu klassifizieren, entstehen als Aufgaben der Situationssteuerung die

- Situationserkennung, d. h. Zuordnung der aktuellen Situation zu einer Situationsklasse
- Auswahl der zur entsprechenden Situationsklasse zugehörigen Entscheidung.

Die Situationssteuerung beruht auf der Verwendung von Wissen über das Steuerobjekt aber auch über die Verfahren zu seiner Steuerung. Dieses Wissen ist nicht streng formalisierbar und ergibt sich in Begriffen der Dialogführung, die einer Sprache des Entscheidungsträgers nahe kommen muß.

Der Autor faßt den Erkenntnisstand auf diesem wichtigen Gebiet der künstlichen Intelligenz zusammen. Nach der Behandlung der Prozesse der Situationssteuerung werden Sprachen zur Beschreibung von Objekten und Situationen dargelegt sowie entsprechende Verallgemeinerungen und die Klassifizierung von Situationen vorgenommen. Das letzte Kapitel beinhaltet die Entscheidungsfindung zur Steuerung.

B 2268 *J.-A. Müller*

Künstliche Intelligenz und Expertensysteme. Hrsg.: *S. Savory*. 2. Auflage. München/Wien: R. Oldenbourg Verlag.

Zum vielschichtigen Forschungsgebiet der künstlichen Intelligenz gehören neben wissensbasierten Expertensystemen intelligente Lern- und Lehrsysteme, das Verstehen und Übersetzen geschriebener bzw. Generieren gesprochener Sprache, automatisches Programmieren sowie die Interpretation von Bildern (ggf. in Echtzeit).

In diesem „Forschungsbericht der Nixdorf Computer AG" (ergänzt durch Beiträge von Hochschulen und Universitäten) werden vorwiegend Expertensysteme unter dem Gesichtspunkt der Informatik und der Informatikindustrie behandelt.

Von der Informatik werden allgemeine Grundstrukturen und Werkzeuge zur Verfügung gestellt, die bei entsprechender Anpassung z. B. in der Automatisierungstechnik beim Anlagen- und Softwareentwurf und bei der Prozeßführung Verwendung finden können.

Nach einem einleitenden Kapitel zur Entwicklung und den Gebieten der künstlichen Intelligenz werden im 2. Kapitel Fragen des kommerziellen Einsatzes von Expertensystemen behandelt. Neben einer Einschätzung der Marktsituation werden Anforderungen an Expertensysteme, wie akzeptable anpassbare Bedienoberfläche, komfortable Wissenseingabe, benutzerorientierte Systemintelligenz u. ä., erläutert.

Im Kapitel 3 wird die Expertensystem-Shell TWAICE von *Nixdorf* hinsichtlich Funktionsumfang, Systemarchitektur, Wissensrepräsentation, Inferenzkomponenten usw. vorgestellt, wobei eindeutig klargestellt wird, daß Überwachungs- und Steuerungsaufgaben, die zeitliche Analysemöglichkeiten erfordern, noch nicht gelöst werden können. Einer kurzen Einführung in die Programmiersprache PROLOG (Kapitel 4) schließt sich im 5. Kapitel ein 5-Stufen-Konzept zur Abbildung des Expertenwissens auf die Wissensbank an. Das umfangreichste 6. Kapitel widmet sich der Effektivierung des Wissenserwerbs durch lernende Systeme, für die eine Theorie aufgestellt wird. Weitere Beiträge befassen sich mit Ansätzen zur Lösung spezieller Teilprobleme des automatischen Lernens sowie zur Leistungssteigerung von PROLOG-Programmen durch eine Bestätigungstheorie und einen Unifikationsprozessor. Den Abschluß bildet ein Überblick über das staatliche Förderprogramm der BRD zur Wissensverarbeitung. Der informatikorientierte Leser wird diese Sammlung von Einzelbeiträgen mit Interesse zur Hand nehmen.

B 2273 *J. Wede*

TURBO-Pascal auf MUPID-CP/M. Von *H. Brückler* und *W. Fritz*: Mannheim/Wien/Zürich: Bibliographisches Institut 1986. 319 Seiten, 16 Bilder.

Das im Jahr 1983 von der Firma *Borland* auf den Markt gebrachte TURBO-Pascal ist in wenigen Jahren zu der wohl interessantesten Sprache für Personalcomputer geworden. Nur 15 Monate nach Beginn der Auslieferung verzeichnete *Borland* mit 250 000 TURBO-Lizenzen einen in der Geschichte der Datenverarbeitung noch nicht dagewesenen Rekord. Kein Wunder, daß inzwischen umfangreiche Literatur zu TURBO-Pascal auf dem Weltmarkt angeboten wird.

Das Buch entstand auf der Basis von Übungen zu Vorlesungen über die Computer- und Programmiertechnik, die auf Computern der MUPID GmbH und unter Verwendung von TURBO-Pascal an der Technischen Universität Graz/Österreich gehalten wurden.

Das in fünf Abschnitte gegliederte Buch beginnt mit einem 3 Seiten umfassenden Abschnitt Einleitung. Die folgende, 52 Druckseiten umfassende Darstellung des MUPID-CP/M-Systems führt von Hinweisen über den Umgang mit Disketten (z. B. Schreibschutz; Einlegen der Diskette in das Laufwerk) über die Besonderheiten des MUPID-CP/M-Systems bis zur Anwendung der CP/M-Programme STAT und PIP. Weitere 48 Druckseiten sind dem TURBO-Pascal-System unter MUPID-CP/M gewidmet. Schwerpunkte sind hier das TURBO-Hauptmenü, die der Arbeit mit dem Textverarbeitungsprogramm WordStar ähnliche Arbeit mit dem TURBO-Editor sowie die Arbeit mit dem Compiler und den Compiler-Optionen. Danach wird auf 77 Druckseiten eine Einführung in die Sprache TURBO-Pascal gegeben: Entstehung von Pascal, Aufbau eines Programms, einfache Datentypen, Ausdrücke, Anweisungen, Prozeduren, Funktionen, strukturierte Datentypen, Zeigertyp und weitere TURBO-Pascal-Merkmale.

Im letzten Abschnitt wird auf 68 Seiten das von den Autoren entwickelte TURBO-Pascal-Graphikpaket vorgestellt, das man (nach Erwerb) leicht in jedem Pascal-Programm verwenden kann. Ein Anhang mit Fehlermeldungen, der TURBO-Pascal-Syntax, dem ASCII-Zeichensatz usw. rundet das Werk ab.

Es ist offensichtlich, daß dieses Werk als Begleitliteratur zu den o. g. Vorlesungen sowie den Nutzern von MUPID-Computern wertvolle Dienste leistet. Daß es aber kein Lehrbuch sein kann (und wohl auch nicht sein möchte), kann man an seinem Umfang erkennen. Dabei muß man berücksichtigen, daß das Buch (vor allem wohl im Interesse einer kurzen Herstellungszeit) im Computer-Schreibsatz herausgebracht wurde. Eine Druckseite umfaßt (mit großzügigem Durchschuß zwischen den Absätzen; Halbzeilenschaltung erlaubte das Computerprogramm offenbar nicht) 38 Zeilen zu je 60 Anschlägen, also rund 2300 Zeichen. Demgegenüber enthält eine „normale" im Blei- oder Lichtsatz hergestellte Druckseite mit gleichem Format etwa 4100 Zeichen. Man muß also die o. g. Seitenzahlen etwa halbieren, wenn man zu einem realistischen Bild gelangen möchte.

Der gebotene Stoff ist klar und präzise dargestellt. Deswegen kann man das Buch auch TURBO-Pascal-Anwendern, die mit Computern von anderen Herstellern arbeiten, als Nachschlagewerk empfehlen.

B 2184 *K.-H. Rumpf*

KURZFASSUNGEN

Halwaß, M.:

Selbsteinstellende LQG-Regelung (Teil 1)

msr, Berlin 31 (1988) 1, S. 2–6

Der Beitrag stellt die LQG-Regelung für Eingrößensysteme vor, die durch Eingangs-Ausgangs-Modelle gegeben sind. Besonders ausführlich werden die Entwurfsschritte zur Lösung des Spektralfaktorisierungsproblems und der diophantischen Gleichung dargelegt. Auf praktische Gesichtspunkte, wie die Erweiterung des optimalen Stellgesetzes zur Berücksichtigung von Führungssignalen und Störungen mit Gleichanteil, wird eingegangen. Der Beitrag, der fortgesetzt wird, endet mit einer Diskussion über ex- und implizite Algorithmen der selbsteinstellenden LQG-Regelung.

Arndt, M.; Fiedler, O.; Lippe, H.-J.:

CCD-Miniaturgasthermometer zur Messung innerer Temperaturen bewegter Objekte

msr, Berlin 31 (1988) 1, S. 7–10

Ein neues mehrkanaliges Temperaturmeßgerät wird vorgestellt, das mehrere Miniaturgasthermometer enthält und Temperaturmessungen störungsfrei in starken elektromagnetischen Feldern bei Drehbewegungen des Meßobjektes ermöglicht. Aufbau, Wirkungsweise und Charakteristik der Sensoren sowie ihre Anwendung zur Messung innerer Temperaturen bei der Wiedererwärmung kryokonservierter Objekte von −196 °C bis +50 °C im Mikrowellenfeld werden beschrieben. Das Auswertegerät enthält Schaltungen zur Minimierung von Ablesefehlern, zur Analogwertbildung, zur Linearisierung der Temperaturkennlinie und zur Kanalisierung der Meßwerte.

Geitner, G.-H.; Krug, H.:

Dynamische Störoptimierung elektrischer DDC-Antriebe

msr, Berlin 31 (1988) 1, S. 11–17

Das Betragsoptimum für digitale Regler (BOD) und eine EEZ-Störoptimierung werden anwendergerecht für elektrische DDC-Antriebe aufbereitet. In den Lösungsvorschlägen finden sowohl die Begrenzung des Reglerausgangs als auch die Beeinflussung des Führungsverhaltens bei Einsatz störoptimaler Regler Berücksichtigung. Die beiden Optimierungsvorschläge werden mit simulierten Übergangsfunktionen verglichen.

Viehweger, G.:

Effektivität der Automatisierung von Produktionsanlagen

msr, Berlin 31 (1988) 1, S. 17–20

Im Beitrag werden methodische Grundsätze dargelegt, die es ermöglichen, die bei der Automatisierung von Produktionsanlagen auftretenden Effekte zu erfassen, zu systematisieren und ökonomisch zu bewerten. Dabei wird auch den Grundkategorien funktionserfüllender und funktionsverbessernder Automatisierung im methodischen Instrumentarium Rechnung getragen. Neben der Darstellung allgemeiner Verfahrensschritte werden formelmäßige Möglichkeiten der Quantifizierung aufgezeigt.

Balzer, D.; Böhme, B.; Haselbauer, W.:

Mensch-Maschine-Kommunikation bei der Prozeßsteuerung

msr, Berlin 31 (1988) 1, S. 29–33

Die optimale Gestaltung der Schnittstelle Mensch — Maschine gewinnt entscheidende Bedeutung bei der Realisierung wichtiger Funktionen der Prozeßsteuerung. Voraussetzung dafür sind der Einsatz moderner Kommunikationstechniken, eine Erfassung und Beschreibung der Zuverlässigkeit des Systems sowie ein objektives Bewertungsverfahren für Ausführung und Fehleranalyse an der Schnittstelle. Der Beitrag stellt Ergebnisse und Lösungsvorschläge vor.

Lippold, H.; Witting, B.:

Elektronische Einrichtungen in eichpflichtigen Volumenmeßeinrichtungen

msr, Berlin 31 (1988) 1, S. 33–35

Die Aufgaben von elektronischen Einrichtungen in eichpflichtigen Volumenmeßeinrichtungen für Gase werden erläutert. Die sich daraus ergebenden umfangreichen Forderungen an solche Geräte sind in einer ASMW-Richtlinie zusammengestellt worden. Die wesentlichsten werden im Beitrag behandelt und kommentiert.

РЕЗЮМЕ

Halwaß, M.:

Самонастраивающееся регулирование LQG (часть 1)

msr, Berlin 31 (1988) 1, стр. 2–6

В статье показано регулирование LQG для систем с одной величиной, существующих входных и выходных моделей. Особенно подробно изложены шаги проекта для решения проблемы спектрального факторизирования и диофантического уравнения. Обращено внимание на практические точки зрения, как напр. расширение закона оптимальной установки с целью учета контрольных сигналов и помех с постоянной долью. Статья, которая будет продолжаться кончается дискуссией об явных и неявных алгоритмах самоустанавливающегося регулирования LQG.

Arndt, M.; Fiedler, O.; Lippe, H.-J.:

Миниатюрный газовый термометр ПЗС для измерения внутренних температур подвижных объектов

msr, Berlin 31 (1988) 1, стр. 7–10

Представлен многоканальный измеритель температуры, содержащий несколько миниатюрных газовых термометров, а также обеспечивающий свободные от помех измерения температуры в сильных электромагнитных полях при вращении измеряемого объекта. Описаны построение, принцип действия и характеристики сенсоров [датчиков], а также их применение для измерения внутренних температур при повторном нагреве криоконсервированных объектов в пределе от минус 196 °C до плюс 50 °C в поле микроволн. Прибор оценки содержит схемы минимизации ошибок отчета, образования аналогового значения, линеаризации температурной характеристики и канализации измеряемых значений.

Geitner, G.-H.; Krug, H.:

Динамическая оптимизация помех электрических приводов ДДС

msr, Berlin 31 (1988) 1, стр. 11–17

Оптимум абсолютной величины цифровых регуляторов (БОД) и оптимизация помех ЕЕЦ подготовлены для электрических приводов ДДС по требованиям потребителя. В предложениях решений учтены как ограничение выхода регулятора, так и влияние поведения управления при применении помехооптимальных регуляторов. Оба предложения оптимизации сравнены с моделированными переходными функциями.

Viehweger, G.:

Эффективность автоматизации производственных установок

msr, Berlin 31 (1988) 1, стр. 17–20

В статье изложены методические принципы, обеспечивающие получить эффекты, возникающие при автоматизации производственных установок, их систематизировать и провести экономическую оценку. При этом также и учитываются основные категории автоматизации в методическом инструментарии, выполняющей функции и улучшающей функции. Наряду с изображением общих технологических шагов показаны формульные возможности квантифицирования.

Balzer, D.; Böhme, B.; Haselbauer, W.:

Коммуникация человек — машина при управлении процессом

msr, Berlin 31 (1988) 1, стр. 29–33

Оптимальное оформление стыковки человек — машина приобретает важное решение при реализации важных функций управления процессом. Предпосылка для этого являются применение современных техник коммуникации, сбор и описание надежности системы, а также объективный метод оценки для исполнения и анализа ошибок на месте стыковки. Статья представляет результаты и предложения решений.

Lippold, H.; Witting, B.:

Электронные устройства в измерителях объема, подлежащих калибровке

msr, Berlin 31 (1988) 1, стр. 33–35

Пояснены задачи электронных устройств в измерителях объема газов. Вытекающие отсюда широкие требования к этим приборам обобщены в правилах Комитета по стандартизации ГДР (ASMW). Основные требования рассмотрены и пояснены в данной статье.

SUMMARIES

Halwaß, M.:

Self-Tuning LQG Control (Part 1)

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 2—6

The author presents the LQG feedback control for single input/single output systems described by input-output models, the design steps for solving the spectral factorization problem and the diophantine equation being particularly treated in detail. Practical aspects, such as the extension of the optimal final control law for considering reference signals and perturbations containing a bias, are treated. The contribution to be continued will be terminated by a discussion on explicit and implicit algorithms of the self-tuning LQG control.

Arndt, M.; Fiedler, O.; Lippe, H.-J.:

CCD Miniature Gas Thermometer for Measuring the Inner Temperature of Moved Objects

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 7—10

The authors present a new multichannel temperature measurement device which contains several miniature gas thermometers and allows temperature measurements without disturbances in high-powered electromagnetic fields with rotations of the object to be measured. Construction, functioning and characteristics of the sensors as well as their application to the measurement of inner temperatures with the reheating of cryo-preserved objects from —196 °C to +50 °C in the microwave field are described. The evaluating device contains circuits for minimizing reading errors, analog value formation, linearization of the temperature characteristic and classification of the measuring values.

Geitner, G.-H.; Krug, H.:

Dynamic Disturbance Optimization of Electrical DDC Drives

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 11—17

The optimum of absolute error sum for digital feedback controllers and a disturbance optimization are prepared in a user-friendly way for electrical DDC drives. Both the restriction of the controller output and the influence of the servobehavior with the use of perturbation-optimized controllers are taken into account. Both proposals for optimization are compared with unit-step responses simulated.

Viehweger, G.:

Effectiveness of the Automation of Production Plants

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 17—20

The author explains methodical principles allowing the effects which arise in the automation of production plants to be seized, systematized and estimated economically, the basic categories of an automation implementing and improving functions being also taken into account in the methodical tools. Besides the representation of general procedural steps the facilities for quantification by formulae are shown.

Balzer, D.; Böhme, B.; Haselbauer, W.:

Man-Machine Communication with Process Control

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 29—33

The optimal design of the man-machine interface becomes more and more important with the realization of substantial functions in process control. The use of modern communication means, an acquisition and description of the system reliability as well as an objective estimation method for execution and error analysis at the interface form the prerequisite. The contribution presents results and proposals for solution.

Lippold, H.; Witting, B.:

Electronic Devices in Flowmeters Required to be Calibrated

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 33—35

The authors explain the tasks of electronic devices in gas flowmeters required to be calibrated. The extensive requirements resulting for such apparates have been put together in an ASMW standard whose most important directives are treated and discussed in this contribution.

RÉSUMÉS

Halwaß, M.:

Le réglage d'auto-adaption LQG (première partie)

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 2—6

L'auteur présente le réglage LQG pour les systèmes monovariables décrits par modèles entrée-sortie. Les pas de projet pour la solution du problème de factorisation spectrale et de l'équation diophantine sont particulièrement traités en détail. Des aspects pratiques comme par exemple l'extension de la loi optimale de commande pour la considération de signaux de référence et de perturbations contenant une composante constante sont mentionnés. La contribution à continuer sera terminée par une discussion sur les algorithmes explicites et implicites du réglage auto-adaptatif LQG.

Arndt, M.; Fiedler, O.; Lippe, H.-J.:

Un thermomètre CCD miniature à gaz pour la mesure des températures intérieures d'objets mus

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 7—10

Les auteurs présentent un nouveau dispositif de mesure de température à plusieurs voies qui contient plusieurs thermomètres miniature à gaz et permet de mesurer la température sans perturbations dans les champs électromagnétiques forts et avec rotations de l'objet à mesurer. La construction, le fonctionne ment et la caractéristique des capteurs ainsi que leur application à la mesure des températures intérieures pendant le réchauffage des objets cryo-conservés de —196 °C à +50 °C dans un champ de micro-ondes sont décrits. Le dispositif d'évaluation contient des circuits pour la minimisation des erreurs de lecture, formation des valeurs analogiques, linéarisation de la caractéristique de température et la classification des valeurs de mesure.

Geitner, G.-H.; Krug, H.:

L'optimisation dynamique des perturbations des entraînements électriques DDC

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 11—17

L'optimum de la somme des erreurs absolues pour les régulateurs numériques et l'optimisation de perturbation sont préparés d'une manière praticable pour les entraînements électriques DDC. Et la restriction de la sortie de régulateur et l'influence sur le servo-comportement dans l'emploi des régulateurs optimalisés en vue de perturbations sont considérées. Les deux propositions pour l'optimisation sont comparées avec les réponses unitaires obtenues par simulation.

Viehweger, G.:

L'efficience de l'automatisation des installations de production

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 17—20

L'auteur présente les principes méthodiques qui permettent de saisir, de systematiser et d'estimer économiquement les effets apparaissant dans l'automatisation des installations de production. Les catégories de base d'une automatisation réalisant et améliorant des fonctions sont aussi considérées dans les outils méthodiques. Outre la représentation des pas procéduraux généraux, les possibilités pour une quantification par formules sont montrées.

Balzer, D.; Böhme, B.; Haselbauer, W.:

La communication homme-machine dans la commande de processus

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 29—33

Le projet optimal de l'interface homme-machine devient de plus en plus important dans la réalisation de fonctions essentielles de la commande de processus. L'emploi de moyens modernes de communication, l'acquisition et la description de la fiabilité de système ainsi qu'une méthode objective d'estimation pour l'exécution et l'analyse d'erreurs forment la condition préalable. La contribution présente les résultats et les propositions pour la solution.

Lippold, H.; Witting, B.:

Les dispositifs électroniques dans les débitmètres soumis à l'obligation de calibrage

msr, Berlin 31 (1988) 1, pp. 33—35

Les tâches des dispositifs électroniques dans les débitmètres soumis à l'obligation de calibrage et utilisés pour les gaz sont expliquées. Les exigences étendues résultantes pour tels appareils sont mises ensemble dans un standard d'ASMW dont les directives les plus essentielles sont traitées et discutées dans cette contribution.

NEUE BÜCHER AUS DER UDSSR

Hierbei handelt es sich um neue Titel aus der UdSSR, die dem sowjetischen Neuerscheinungsdienst „Novye knigi" entnommen sind. Die Bücher können über den Volksbuchhandel bestellt werden.

[1] *Anisimov, A.:* Informatika. Tvorčestvo. Rekursija (Informatik. Schöpfertum. Rekursion). Naukova dumka (USSR). 4. Quart. 1988. NK 87–20 (48).

[2] *Antonov, A.:* Informacija: vosprijatie i ponimanie (Information: Aufnahme und Verständnis). Naukova dumka (USSR). 1. Quart. 1988. NK 87–20 (49).

[3] *Dodonov, A.; Chadžinov, V.; Voloskov, I.:* Vyčislitel'nye sistemy dlja rešenija zadač operativno-organizacionnogo upravlenija (Rechnersysteme zur Lösung von Aufgaben der operativ-organisatorischen Steuerung). Naukova dumka (USSR). 3. Quart. 1988. NK 87–20 (50).

[4] *Kolesnikov, I.:* Osnovy teorii sistemnogo podchoda (Grundlagen der Theorie des Systemherangehens). 3. Quart. 1988. Naukova dumka (USSR).

[5] *Beleckij, V.:* Mnogoprocessornye i parallel'nye struktury s organizaciej asinchronnych vyčislenij (Mehrprozessoren und Parallelstrukturen mit Organisation asynchroner Berechnungen). Izd-vo L'vov. un-ta (USSR). 2. Quart. 1988. NK 87–20 (212).

[6] *Verlan', A.; Moskaljuk, S.:* Matematičeskoe modelirovanie nepreryvnych dinamičeskich sistem (Mathematische Modellierung kontinuierlicher Systeme). Naukova dumka (USSR). 3. Quart. 1988. NK 87–20 (225).

[7] *Šisman, V.:* Točnost' robotov i robototechničeskich sistem (Genauigkeit von Robotern und Robotersystemen). Izd-vo Char'k. un-ta (USSR). 3. Quart. 1988. NK 87–20 (230).

[8] Avtomatizacija proizvodstvennych processov v mašinostroenii i priborostroenii (Automatisierung von Produktionsprozessen in Maschinen- und Gerätebau). Vyp. 27. Izd-vo L'vov. un-ta (USSR). 4. Quart. 1988. NK 87–20 (246).

[9] Avtomatizirovannye sistemy upravlenija i pribory avtomatiki (Automatisierte Steuerungssysteme und Geräte der Automatik). Izd-vo Char'k. un-ta (USSR). Vyp. 85. 1. Quart. 1988. NK 87–20 (247), Vyp. 86. 2. Quart. 1988. NK 87–20 (248), Vyp. 87. 3. Quart. 1988. NK 87–20 (249), Vyp. 88. 4. Quart. 1988. NK 87–20 (250).

[10] Kibernetika i vyčislitel'naja technika (Kybernetik und Rechentechnik). Naukova dumka (USSR). Vyp. 77. 2. Quart. 1988. NK 87–20 (287). Vyp. 78. 3. Quart. 1988. NK 87–20 (288). Vyp. 79. 3. Quart. 1988. NK 87–20 (289). Vyp. 80. 4. Quart. 1988. NK 87–20 (290).

[11] *Berri, R.; Mikinz, B.:* Jazyk CI: Vvedenie dlja programmistov (Sprache C: Einführung für Programmierer). Finansy i statistika. 4. Quart. 1987. NK 87–21 (110).

[12] Issledovanie operacij i ASU (Operationsforschung und ASU). Izd-vo Kiev. un-ta (USSR). Vyp. 31. 1. Quart. 1988. NK 87–21 (145). Vyp. 32. 3. Quart. 1988. NK 87–21 (146).

[13] Mašinnaja obrabotka informacii (Maschinelle Informationsverarbeitung). Izd-vo Kiev. un-ta (USSR). Vyp. 46. 2. Quart. 1988. NK 87–21 (150). Vyp. 47. 3. Quart. 1988. NK 87–21 (151).

[14] Modeli i sistemy obrabotki informacii. Vyp. 7. Izd-vo Kiev. un-ta (USSR). 1. Quart. 1988. NK 87–21 (153).

[15] *Zavarykin, V.; Žitomirskij, V.; Lapčik, M.:* Osnovy informatiki i vyčislitel'noj techniki (Grundlagen der Informatik und Rechentechnik). Prosveščenie. 2. Quart. 1988. NK 87–21 (459).

[16] *Geronimus, Ju.:* Igra – model' – eksperiment (Spiel – Modell – Experiment). Znanie. 3. Quart. 1988. NK 87–22 (100).

[17] *Kuncevič, V.:* Adaptivnoe upravlenie (algoritmy, sistemy, primenenie). Adaptive Steuerung (Algorithmen, Systeme, Anwendung)). Višča škola (USSR). 1. Quart. 1988. NK 87–22 (102).

[18] *Pavlov, V.:* Sintez strategij v čeloveko-mašinnych sistemach (Synthese von Strategien in Mensch-Maschine-Systemen). Višča škola (USSR). 2. Quart. 1988. NK 87–22 (104).

[19] Vyčislitel'nye metody i sistemy obrabotki dannych na EVM (Rechentechnische Methoden und Systeme zur Datenverarbeitung auf der EDV-Anlage). Izd-vo Mosk. un-ta. 4. Quart. 1988. NK 87–22 (110).

[20] *Pavlov, A.:* Algoritmičeskoe obespečenie složnych sistem upravlenija (Algorithmische Absicherung komplizierter Steuerungssysteme). Višča škola (USSR). 3. Quart. 1988. NK 87–22 (113).

[21] *Morozov, V.; Kalenova, V.:* Ocenivanie i upravlenie v nestacionarnych linejnych sistemach (Schätzung und Steuerung in instationären linearen Systemen). Izd-vo Mosk. un-ta. 2. Quart. 1988. NK 87–22 (117).

[22] *Kostjuk, V.; Jampol'skij, L.:* Gibkie robototechničeskie sistemy (Flexible Robotersysteme). Višča škola (USSR). 1. Quart. 1988. NK 87–22 (171).

[23] Upravlenie periferiej v mikrokomp'juternych sistemach (Steuerung der Peripherie in Mikrorechnersystemen). Izd-vo Mosk. un-ta. 4. Quart. 1988. NK 87–22 (173).

[24] Avtomatizacija proektirovanija informacionno-izmeritel'noj techniki (Automatisierung der Projektierung von Informations-Meßtechnik). Višča škola (USSR). 2. Quart. 1988. NK 87–22 (401).

[25] *Egorov, A.:* Optimal'noe upravlenie linejnymi sistemami (Optimale Steuerung linearer Systeme). Višča škola (USSR). 1. Quart. 1988. NK 87–22 (442).

[26] *Korolev, L.:* Mikroprocessory, mikro- i mini-EVM (Mikroprozessoren, Mikro- und Mini rechner). Izd-vo Mosk. un-ta. 2. Quart. 1988. NK 87–22 (459).

[27] *Lichtzinder, B.; Kuznecov, V.:* Mikroprocessory i vyčislitel'nye ustrojstva v radiotechnike (Mikroprozessoren und Rechenanlagen in der Funktechnik). Višča škola (USSR). 1. Quart. 1988. NK 87–22 (464).

[28] *Molčanov, A.:* Modelirovanie složnych sistem (Modellierung komplizierter Systeme). Višča škola (USSR). 4. Quart. 1988. NK 87–22 (472).

[29] *Samofalov, K.; Kornejčuk, V.; Tarasenko, V.:* Cifrovye EVM. Teorija i proektirovanie (Digitale EDV-Anlagen. Theorie und Anwendung). Višča škola (USSR). 3. Quart. 1988. NK 87–22 (497).

[30] *Skrovcov, N.:* Ekonomika gibkogo avtomatizirovannogo proizvodstva (Ökonomie der flexiblen automatisierten Produktion). Višča škola (USSR). 3. Quart. 1988. NK 87–22 (501).

[31] *Martynenko, I.; Poddubnyj, A.:* Osnovy avtomatiki i mikroprocessornoj techniki (Grundlagen der Automatik und der Mikroprozessortechnik). Višča škola (USSR). 2. Quart. 1988. NK 87–22 (526).

msr 8766

messen · steuern · regeln

Herausgeber: Kammer der Technik, Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA)

Verlag: VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, DDR-1020, Telegrammadresse: Technikverlag Berlin; Telefon: 28700; Telex: 0112228 techn dd

Verlagsdirektor: Dipl.-Ing. *Klaus Hieronimus*

Redaktion: Dr.-Ing. *Dietrich Werner*, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2870362)
Dr.-Ing. *Jürgen Wede*, Redakteur (Telefon: 2870374)

Gestaltung *Karen Wohlgemuth* (Telefon: 2870288)

Lizenz-Nr.: 1112 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik

AN (EDV): 15936

Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft

Heftpreis: 4,– M, Abonnementpreis vierteljährlich 12,– M; Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebs BUCHEXPORT zu entnehmen.

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer", Bad Langensalza, 5820

Anzeigenannahme: Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigen-Annahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen der VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, 1020. Anzeigenpreisliste Nr. 7; Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, Hermann-Duncker-Str. 89, Berlin, DDR-1157

Erfüllungsort und Gerichtsstand: Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in andere Sprachen vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.

Bezugsmöglichkeiten:

DDR: sämtliche Postämter

SVR Albanien: Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Bruga Konference e Pezes, Tirana

VR Bulgarien: Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia

VR China: China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P.O. Box 88, Beijing

ČSSR: PNS – Ústřední Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Slezska 11, 12000 Praha 2; PNS, Ústredná Expedícia a Dovoz Tlače, Posta 002 88547 Bratislava

SFR Jugoslawien: Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarako Produzeče MLADOST, Ilica 30, Zagreb

Koreanische DVR: CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang

Republik Kuba: Empresa de Comerc o Exterior de Publicaciones, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana

VR Polen: C.K.P.i.W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa

SR Rumänien: D.E.P. Bukureşti, Piaţa Scienteii, Bukureşti

UdSSR: Städtische Abteilungen von Sojuzpečat oder Postämter und Postkontore

Ungarische VR: P.K.H.I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P.O. Box 16, 1426 Budapest

SR Vietnam: XUNHASABA, 32, Hai Ba Trung, Hanoi

BRD und Berlin (West): ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141–167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30

Österreich: Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, A-2345 Brunn am Gebirge

Schweiz: Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich

Alle anderen Länder: örtlicher Buchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, Postfach 160, Leipzig, DDR-7010 und Leipzig Book Service, Talstraße 29, Leipzig, DDR-7010.

Abnahmebedingungen

Die Redaktion veröffentlicht nur solche Beiträge, die noch an keiner anderen Stelle des In- und Auslandes in dieser Form erschienen sind oder bis zur Veröffentlichung erscheinen werden und die die Verfasser bis zum Ablauf des ersten, dem Erscheinen folgenden vollen Kalenderjahres an keiner anderen Stelle veröffentlichen, ohne hierzu vorher die Zustimmung der Redaktion der Zeitschrift eingeholt zu haben. Mit der Abnahme und Veröffentlichung des Manuskriptes geht das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder auf den Verlag über. Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung der Redaktion nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme u. a. von Heften der Zeitschrift, einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen. Ferner behält sich die Redaktion Änderungsvorschläge nach der Durcharbeitung der Beiträge vor. Beiträge müssen eine Kopie der Veröffentlichungsfreigabe des Betriebes bzw. der Institution enthalten.
Richtlinien für die Manuskriptgestaltung sind dem Heft 1 (S. 28) messen · steuern · regeln 1988 zu entnehmen bzw. werden von der Redaktion auf Anfrage zugesandt. Die Einhaltung dieser Gesichtspunkte garantiert eine sofortige Bearbeitung und verzögerungsfreie Veröffentlichung der Arbeit in der Zeitschrift.

33. IWK der TH Ilmenau

Das 33. Internationale Wissenschaftliche Kolloquium (siehe auch msr, Berlin 30 (1987) 8, 3. US) der Technischen Hochschule Ilmenau vom 24. bis 28. Oktober 1988 umfaßt das folgende wissenschaftliche Programm:

1. Prozeßmeß- und Sensortechnik
- — Grundlagen der Prozeßmeß- und Sensortechnik
- — Sensortechnik zur Messung nichtelektrischer Größen
- — Kalibrierung von Sensoren und Präzisionsmessungen

2. Technische und angewandte Informatik/Computertechnik
- — Grundlagen der Informatik, künstliche Intelligenz, Wissensverarbeitung, Computer und Gesellschaft
- — Softwaretechnik, Softwareproduktionsumgebungen, Programmiersysteme, Programmiersprachen, Fachsprachen
- — Betriebssysteme für Mikrorechner, Personal- und Arbeitsplatzcomputer, Echtzeit- und Dialogsysteme, Grafiksysteme
- — Mikroprozessortechnik, Architekturen von Mikrorechnersystemen und lokalen Rechnernetzen
- — CAD-Stationen, Entwicklungssysteme, Entwurfsarbeitsplätze, Test- und Diagnosesysteme
- — Industrielle Anwenderprojekte, Mikroprozessorgeräte, modulare Mikrorechnersysteme, eingebettete Steuerrechner

3. Technische Kybernetik/Automatisierungstechnik
- — Methoden der experimentellen Prozeßanalyse
- — Methoden der prozeßnahen Steuerungen
- — Methoden der Entscheidungsfindung und operativen Steuerung mittels Beratungs-/Expertensystemen
- — Automatische Steuerung und rechnergestützte Prozeßführung in technischen und nichttechnischen Systemen
- — Automatisierungsanlagen

4. Biomedizinische Technik und Bionik
- — Beratungs-/Expertensysteme in der medizinischen Diagnostik und Therapieführung
- — Rechnergestützte Meßdatenverarbeitung in der Funktionsdiagnostik
- — Einsatz von Bioimpedanzmessung im Prozeß der Diagnoseerstellung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen
- — Prinzipien der Selbstorganisation in neuronalen Strukturen.

Anfragen richten Sie bitte an:
Technische Hochschule Ilmenau
33. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium
Vorbereitungskomitee
PSF 327
Ilmenau
6300

TU Dresden, Sektion Informationstechnik: Weiterbildung Automatisierungstechnik 1988

Die TU Dresden, Sektion Informationstechnik, Bereich Automatisierungstechnik plant in Zusammenarbeit mit dem ZKI der AdW, Institutsteil Dresden, und dem ZfK Rossendorf der AdW die Durchführung der folgenden Weiterbildungskurse:

- Aufbau, rechnergestützter Entwurf (CAD) und Applikation von Mikrorechnerreglern
  15. bis 19. Februar 1988, 30 Stunden,
  Anmeldung bis 15. Oktober 1987
- Sicherheit und Zuverlässigkeit von Automatisierungssystemen
  18. bis 22. April 1988, 30 Stunden
  Anmeldung bis 15. Dezember 1987
- Entwurf von Mehrgrößenregelungen
  I. Theorie, Entwurfsgrundlagen
  2. bis 6. Mai 1988, 30 Stunden
  Anmeldung bis 2. Januar 1988
- Entwurf von Mehrgrößenregelungen
  II. Dialogorientierter Entwurf (CAD)
  6. bis 10. Juni 1988, 30 Stunden
  Anmeldung bis 1. Februar 1988
- Sensorsysteme für die Automatisierungstechnik — Fluidische Automatisierungsmittel
  27. Juni bis 1. Juli 1988, 30 Stunden
  Anmeldung bis 29. Februar 1988
- Prozeßleitsysteme
  12. bis 16. September 1988, 30 Stunden
  Anmeldung bis 20. Mai 1988
- Überblick über CAD-Lösungen für die Automatisierungstechnik
  29. bis 30. September 1988, 14 Stunden
  Anmeldung bis 31. Mai 1988
- Rechnergestützte Automatisierung der experimentellen Forschung
  10. bis 14. Oktober 1988, 30 Stunden
  Anmeldung bis 20. Juni 1988
- Modellierung diskreter Prozesse
  23. bis 25. November 1988, 18 Stunden
  Anmeldung bis 20. Juli 1988
- Rechnergestützter Entwurf von Binärsteuerungen
  5. bis 9. Dezember 1988, 30 Stunden
  Anmeldung bis 31. August 1988.

Spätere Anmeldungen werden, soweit organisatorisch möglich, berücksichtigt. Anmeldungen und Anfragen sind zu richten an:

Technische Universität Dresden
Sektion Informationstechnik
Stellvertreter des Direktors für Weiterbildung
Mommsenstr. 13
Dresden
8027

6. Wissenschaftliche Tagung „Anwendung mathematischer Methoden bei der Lösung von Problemen in Technik und Technologie"

Im Rahmen der Tage der Wissenschaft und Technik an der IH Wismar findet vom 6. bis zum 9. September 1988 die o. g. Tagung in Zusammenarbeit mit der MGDDR und der KDT statt. Die Tagung wird zu folgenden Schwerpunkten durchgeführt:

- — Mathematische Theorie der Diskretisierungsmethoden
- — Algorithmen und numerische Realisierung von Diskretisierungsmethoden
- — Anwendung von Diskretisierungsmethoden in der Mechanik
- — Theorie und Anwendung der verallgemeinerten Funktionen in der Mathematischen Physik
- — Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltung von technischen Systemen
- — Effektive Algorithmen bei Zuverlässigkeitsanalysen
- — Mathematische Modellierung von Produktionsprozessen.

Die Tagungsgebühren betragen 120,— M. Interessenten wenden sich bitte **umgehend** an
Ingenieurhochschule Wismar
Abt. Math./Nat.
Tagung 1988
Ph.-Müller-Str. 21
Wismar
2400

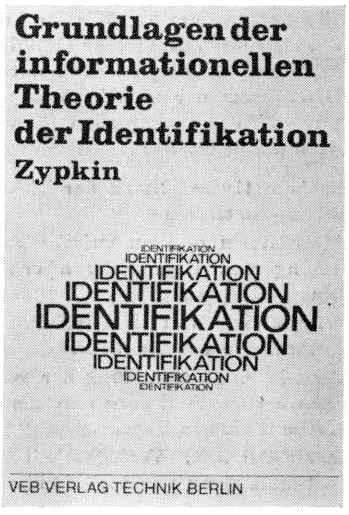
Roboter „sehen" mit Graubildsensor

Ein neuentwickelter Graubildsensor der Fa. *Siemens* soll Robotern das Sortieren durcheinanderliegender Kleinteile, die in großer Stückzahl benötigt werden, ermöglichen. Der Sensor kann 68 verschiedene Teile bei unterschiedlicher Beleuchtung identifizieren, auch dann, wenn sie übereinander liegen. Da reine Schwarz-Weiß-Kontraste für das Sehen des Roboters nicht genügen, wenn die Teile nicht klar voneinander getrennt sind, erfaßt das neue Verfahren nicht nur typische Konturen, sondern auch charakteristische Grauwertunterschiede zwischen Flächenelementen. Die erkannten Merkmale werden dann mit den in einer Datenbank gespeicherten Werkstückmodellen verglichen. Je nach Komplexität dauert die Erkennung zwischen 0,5 und 2,5 s. Die Lage wird auf 0,1% der Bildfeldgröße exakt erfaßt, die Orientierung auf 1° genau. Durch schnellere Hardware soll die Erkennungszeit noch weiter reduziert werden. (ADN-BWT 1778-10b)

ISSN 0026-0347, mess., steuern, regeln
Berlin 31 (1988) 1, S. 1—48

15934 1 159 549 964
MPW
4073 7001 1910 0MAT 11

Neuerscheinungen



Grundlagen der informationellen Theorie der Identifikation

Von Prof. Dr. d. techn. Wiss. Ja. S. Zypkin. Aus dem Russischen. 256 Seiten, 92 Bilder, 13 Tafeln, Kunstleder, DDR 36,— M, Ausland 56,— DM. Bestellangaben: 5537610/Zypkin, Identifikation

Der Autor zeigt mit seiner informationellen Theorie der Identifikation eine Möglichkeit, geeignete Verfahren auf der Grundlage der vorhandenen A-priori-Information auszuwählen. Dabei wendet er sich sowohl an Theoretiker auf den Gebieten der Kybernetik, mathematischen Statistik und angewandten Systemanalyse, die sich mit der Identifikation dynamischer Systeme beschäftigen, als auch an Praktiker, die z. B. in Technik, Medizin, Biologie, Landwirtschaft, Ökologie, Wasserwirtschaft, Meteorologie u. a. diese Algorithmen anwenden können.
Vom Leser werden fundierte Kenntnisse der Mathematik (Analysis, Wahrscheinlichkeitsrechnung), mathematischen Statistik, Systemtheorie u. a. erwartet.

Gliederung: Aufgabe der Identifikation und ihre Besonderheiten · Optimale Verlustfunktionen · Absolut optimale Identifikationsalgorithmen · Klassenoptimale Verlustfunktionen · Absolut klassenoptimale Identifikationsalgorithmen · Identifikationsalgorithmen für Objekte, die bezüglich der Störung keinen minimalen Phasenverlust haben · Akzelerationsalgorithmen der Indentifikation · Modifizierte Identifikationsalgorithmen.

Zuverlässigkeitsstrukturen

Modellbildung · Modellauswertung

Von Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. rer. nat. Kurt Reinschke und Prof. Dr. sc. techn. I. A. Ušakov. 240 Seiten, 95 Bilder, 14 Tafeln, Leinen, DDR 33,— M, Ausland 38,— DM. Bestellangaben: 5537282/Reinschke, Zuverlässig

Im Gegensatz zu den bisher recht zahlreich erschienenen Büchern über Zuverlässigkeitsmathematik wird in diesem Werk nicht von gegebenen Zuverlässigkeitsmodellen ausgegangen. Die Autoren konzentrieren sich vielmehr auf die Modellbildung, um die Zuverlässigkeitsstruktur eines Systems sichtbar zu machen. Dazu werden Graphen als das entscheidende Darstellungsmittel benutzt. Die Methoden sind sowohl auf technische als auch auf nichttechnische Systeme anwendbar.
Das Buch ist in erster Linie für Ingenieure, Ökonomen und Naturwissenschaftler gedacht, die die Zuverlässigkeitstheorie anwenden möchten. Aber auch Zuverlässigkeitsspezialisten werden hier manches Neue finden; besonders seien genannt die Berücksichtigung der zeitlichen Reihenfolge der Elementeausfälle im Rahmen der Booleschen Theorie und die mehrwertigen monotonen Zuverlässigkeitsmodelle.
Die Darstellung ist weitgehend elementar, es werden keine Vorkenntnisse über Zuverlässigkeitstheorie vorausgesetzt.

Gliederung: Einführung · Zuverlässigkeit netzartig strukturierter Systeme · Zuverlässigkeitsstrukturen für beliebig aufgebaute Systeme · Beschreibung des Prozeßverhaltens mit Hilfe von Graphen.

Auslieferung in diesen Tagen durch den Fachbuchhandel